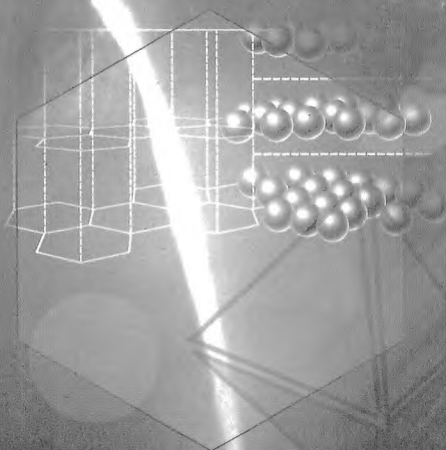


علم

المعادن

دكتور محمد عز الدين حلمي



مكتبة الأنجلو المصرية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
« فَأَمَّا الزُّبَدُ فَيَذْهَبُ جُفَاءً
وَأَمَّا مَا يَنْفَعُ النَّاسَ فَيَمْكُثُ فِي الْأَرْضِ »
صدق الله العظيم

علم المعادن

إلى

ن . ب

المؤلف

تخرج الدكتور محمد عز الدين حلمي من جامعة القاهرة وحصل على بكالوريوس العلوم الدرجة الخاصة في الجيولوجيا بمرتبة الشرف عام ١٩٤٤ ، ثم سافر في بعثة إلى أمريكا حيث حصل على ماجستير العلوم في الجيولوجيا من جامعة شيكاغو عام ١٩٤٩ وعلى درجة دكتوراه الفلسفة في علم المعادن (المتالوجيا) من جامعة ميشيغان عام ١٩٥٢ ، ثم تدرج في هيئة التدريس بجامعة الإسكندرية وعين شمس حتى عين استاذاً لكرسى المعادن والصخور بجامعة عين شمس في يناير ١٩٦٦ . ثم أعيد رئيساً لقسم الجيولوجيا الذي أنشأه بجامعة الكويت في الفترة من سبتمبر ١٩٦٦ حتى أغسطس ١٩٧٠ . ثم عين رئيساً لقسم الجيولوجيا بجامعة عين شمس عام ١٩٧٠ ، ثم وكيلاً لكلية العلوم للدراسات العليا والبحوث عام ١٩٧٢ حتى ١٩٧٥ ، ثم استاذاً وأستاذاً معيداً في الجيولوجيا التطبيقية بجامعة الملك عبد العزيز بمكة . والمؤلف حاصل على جائزة الدولة التذكيرية في الجيولوجيا عام ١٩٦١ ووسام العلوم والفنون من الدرجة الأولى وهو عضو في الجمعية الجيولوجية المصرية وجمعية علم المعادن الأمريكية والأكاديمية المصرية للعلوم والاتحاد الدولي لعلم المعادن .

المعادن ج ١

تأليف

دكتور

محمد عز الدين حلمي

أستاذ المعادن والبيولوجيا الاقتصادية
بكلية العلوم جامعة عين شمس

الطبعة السابعة

٢٠٠٢



مكتبة الأنجلو المصرية

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف

اسم الكتاب: علم المعادن

اسم المؤلف: د/ محمد عز الدين حلمي

اسم الناشر: مكتبة الانجلو المصرية

اسم الطابع: مطبعة محمد عبد الكريم حسان

رقم الايداع: ١٠٥٩

الترقيم الدولي: 977-05.1238-9 I-S-B-N

مقدمة التحرير الاولى

في نوفمبر عام ١٩٥٨ ، نشرت " علم المعادن " في هيئة كتيب من ٢٨٦ صفحة ، مطبوعاً بالميجورجراف ، وقدمت له بالمقدمة التالية :

« بعد مضي أكثر من ثلاثين عاماً على إنشاء أول كلية للعلوم بالجمهورية العربية المتحدة والدراسة فيها باللغة الإنجليزية . وبعد ما يقرب من خمسة عشر عاماً خيرة في تدريس علم المعادن باللغة الإنجليزية أيضاً ، أقدم إلى طلبة المعادن أول مرجع جامعي باللغة العربية في « علم المعادن » .

ولإنها محاولة أولى سوف أتبعها بإذن الله بمحاولات أخرى للتحسين . فعظم المصطلحات جديدة ، ولأول مرة أقدم في هذا المرجع أكثر من ٥٠٠ مصطلح جديد باللغة العربية في البلورات والمعادن .

وإن أقدم في « علم المعادن » المعلومات الأساسية في دراسة هذا العلم الحيوي في هذا العصر الذي نعيش فيه ، والذي يحق لنا أن نطلق عليه اسم عصر المعادن . ومنها المعادن الذرية ذات القيمة الاقتصادية العظمى . والمعادن هي تلك الوحدات المتجانسة التي تكون جزءاً هاماً من الأرض . ولها خواصها المميزة التي تفرقها عن غيرها . فمن خواص بلورية إلى فيزيائية إلى كيميائية إلى بنائية . فإذا نحن إثنين من دراسة هذه الخواص تابعنا الحديث بعمق لمعرفة شيء عن نشأة المعادن وكيف توجد في الطبيعة . ونهى الحديث في « علم المعادن » بدراسة كل مجموعة معدنية وما يمثلها من معادن مختلفة على حدة — خواصها ونشأتها وقوائدها . ثم كيف تعرف على هذه المعادن إذا صادفتها في حياتنا مستعينين بما عرفنا في أول الحديث عن خواصها المختلفة .

والمعلومات التي أوردتها في هذا المرجع هي نتيجة دراسة وعلم على أساسات المعادن الذين تقلدت لهم ، ونتيجة لإطلاع وبحث على يد أساتذة المعادن الذين غرأت لهم في مراجعهم والدوريات التي نشرت أبحاثهم ، ونتيجة للتعبئة التي اكتسبتها من تدريس علم المعادن لطلبي بجامعة الاسكندرية .

فإلى هؤلاء جميعاً أقدم جزيل الشكر .

والله أسأل أن يوفقني إلى أداء رسالتي في المعادن على الوجه الذي يرضيه .

٢٠٤٠٢

الاسكندرية في ٣٠ نوفمبر سنة ١٩٥٨

والآن وبعد مضي ثلاث سنوات تقريباً رأيت أن أقوم بفتح « علم المعادن » مطبوعاً، وذلك بعد أن أدخلت عليه تعديلات عديدة، بعضها مرتبط بالمصطلحات العلمية، والبعض الآخر نتيجة للبحرلة التي لمسها أثناء إستعمال الطبعة الأولى بالميجورجراف كرجع لطلبة المرحلة الأولى بالجامعات العربية الذين يدرسون علم المعادن . ويمكن أن نقول أننا حررنا « علم المعادن » مرة ثانية . وفي هذه التحرير الجديدة، لعلم المعادن، ليزداد الاهتمام بالنواحي الكيميائية البلورية للمعادن . فقد أصبحت الدراسات الكيميائية البلورية للمعادن من الأبحاث الأساسية في هذا العلم . وأصبحت نتائجها في غاية الأهمية بالنسبة للتعرف على كثير من خواص المعادن، وتفسير المشاكل العلمية الناتجة عن هذه الخواص، مثل التشابه الشكلي والمحاليل الجامدة وغيرها من العلاقات التي تربط المعادن بعضها ببعض، وتعطي صورة كاملة واضحة لطبيعة المعادن .

وقد قسم الكتاب إلى أجزاء ثلاثة : الجزء الأول يختص بدراسة خواص المعادن، والجزء الثاني يختص بوصف المعادن الشائعة مصنفة تبعاً لخواصها الكيميائية البلورية وفوائدها، ويشمل هذا الجزء باباً جديداً بعنوان « المعادن في الصناعة »، عالج فيه موضوع المعادن من ناحية إستعمالات خاماتها في الصناعات المختلفة، وصنفت فيه تبعاً لهذه الإستعمالات إلى (١) معادن خامات الفلزات، (٢) معادن الحرارية، (٣) معادن الصنفة، (٤) معادن الخزف والزجاج والمينا، (٥) معادن الصهر، (٦) معادن المختصات، (٧) معادن الأجهزة البصرية والعلمية، (٨) معادن الزينة، (٩) معادن الأحجار الكريمة، (١٠) معادن تستعمل في صناعات أخرى . أما الجزء الثالث فيختص بالتعرف على المعادن في العينات اليدوية بالاستفادة من خواصها الفيزيائية، ويتم ذلك عن طريق الجداول المنظمة لطريقة التعرف على المعدن .

ولقد أعيدت جميع الأشكال التوضيحية وزيد عليها حتى تتماشى مع التمديلات والإضافات التي استحدثت في هذه التحرير الجديدة .

وإله أسأل أن يوفقني إلى أداء رسالتي في علم المعادن على الوجه الذي يرضيه ؟

محمد عز الدين حلمي

أكتوبر ١٩٦١

حامية عين شمس

موضوعات الكتاب

مقدمة التحرير الرابعة

مقدمة التحرير الاولى

الجزء الاول

خواص المعادن

الصفحة

الباب الأول : تعريف عام ١

علم المعادن - ١ ، علم المعادن عند العرب - ٢ ، علاقة
علم المعادن بالعلوم الطبيعية الأخرى - ٣ . التركيب
الكيميائي للقشرة الأرضية - ٤ ، طبيعة المعادن - ٦

الباب الثاني : البلورات والخواص البلورية للمعادن ١٠

البناء الداخلي للبلورات - ١٤ ، الخواص الخارجية
للبلورات - ١٧ ، عناصر التماثل - ٢١ ، الفصائل والمحاور
البلورية - ٢٨ ، الأوجه البلورية والتقاطعات والأحاديثات
والأدلة - ٣٥ ، تعريف بعض المصطلحات - ٤٥ ، فصيلة
المكعب - ٤٢ ، فصيلة السداسي - ٥٥ ، فصيلة الرباعي
- ٥٨ ، فصيلة الثلاثي - ٦٤ ، فصيلة المعيني القائم -
٧١ ، فصيلة الميل الواحد - ٧٦ ، فصيلة الميول الثلاثة -
٨٢ ، هيئة البلورة - ٨٨ ، مجموعات البلورات - ٩٠ ،
التراكم - ٩٢ . مجموعات المعادن المتبلورة - ٩٦ .

الصفحة

الباب الثالث : الخواص الكيميائية للمعادن ٩٩

التحليل الكيميائي بلهب البورى - ٩٩ ، ألوان اللهب
 الناتجة بالتسخين على سلك بلاتين - ١٠٤ ، التسخين على
 مكعب الفحم - ١٠٥ ، اختبارات التسخين على سطح
 الجبس - ١٠٧ ، اختبارات التسخين في الانبوبة المفتوحة -
 ١٠٨ والمقفولة - ١٠٩ ، اختبارات الحرق - ١١٠ ،
 الكشف عن الشق الحامض - ١١١ ، اختبارات خاصة -
 ١١٣ . ملخص الكشف عن الفلوات في المعادن - ١١٤ .
 التحليل الكيميائي الكلى للمعادن - ١١٧ ، القوانين
 الكيميائية للمعادن - ١١٨ .

الباب الرابع : الخواص الفيزيائية للمعادن ١٢٢

الخواص البصرية - ١٢٤ ، الخواص التماسكية - ١٢٩ ،
 الخواص الكهربائية والمغناطيسية - ١٣٧ ، الوزن النوعي
 - ١٣٨ . الخواص الحرارية - ١٤٦ ، خواص أخرى
 - ١٤٧ . خواص فيزيائية للمعادن باستعمال أجهزة
 خاصة - ١٤٩ ، خواص بصرية ميكروسكوبية - ١٤٩ ،
 خواص ميكروسكوبية إلكترونية - ١٥٤ ، خواص حيود
 الأشعة السينية - ١٥٦ ، خواص الوحدة المكونة للشق الحامض
 للمعدن - ١٥٨ ، خواص التحليل الحرارى التفاضلى - ١٥٩ .

الباب الخامس : الخواص الكيميائية البلورية للمعادن ١٦١

البناء النوى للمعادن - ١٦٢ ، عدد التناسق - ١٦٦ ،
 الروابط الكيميائية - ١٦٧ ، التشابه الشكلى - ١٧٢ ،
 التتميد الشكلى - ١٧٧ ، المحاذى الشكلى - ١٧٩ ،
 المعادن غير المتبلورة - ١٨١ .

الصفحة

الباب السادس : تصنيف المعادن ١٨٣

التصنيف الكيميائي للمعادن - ١٨٤ ، التصنيف الكيميائي
البلورى للمعادن - ١٨٥ ، تصنيف المعادن بما للعناصر
(الفئق القاعدى) - ١٩٢ .

الباب السابع : نشأة للمعادن ١٩٤

التكوين من magma - ١٩٥ ، التكوين من المحاليل - ١٩٧ ،
التكوين من الغازات - ٢٠١ ، التكوين بالتحول
- ٢٠٢ ، تحول المعادن - ٢٠٣ .

الباب الثامن : وجود المعادن فى الطبيعة ٢٠٥

المروق المائية الحارة - ٢٠٦ ، الصخور - ٢٠٨ ،
الصخور النارية - ٢١٥ ، تصنيف الصخور النارية -
٢١٨ ، المعادن المكونة للصخور النارية - ٢٢٢ ، صخور
البجائيت - ٢٢٤ ، الصخور الرسوبية - ٢٢٥ ، تصنيف
الصخور الرسوبية - ٢٢٧ ، الصخور المتحولة - ٢٣٦ ،
الصخور المتحولة بالحرارة - ٢٣٧ ، صخور التحول
الاقليمى - ٢٣٩ ، وصف الأنواع الشائعة من الصخور
للتحولة - ٢٤٠ ، الذهب والنيك - ٢٤٣ ، معادن
وصخور القمر - ٢٤٥ .

الجزء الثاني

وصف للمادن الشائعة

وفوائدها الاقتصادية

الصفحة

الباب التاسع: وصف لبعض المادن الشائعة ٢٤٨

المعادن المنصهرة - ٢٤٩ ، الفلزية - ٢٥٠ ، اللافلزية
- ٢٥٥ ، المعادن الكبريتيدية - ٢٦٠ ، معادن الأملاح
الكبريتية - ٢٧٧ ، المعادن الأكسيدية - ٢٨٠ ، معادن
الأملاح - ٣٠٧ ، المعادن الكربونية - ٣١٥ ،
المعادن التراتية - ٣٣٢ ، المعادن البورالية - ٣٣٣ ،
المعادن الكبريتاتية والكروماتية - ٣٣٥ ، المعادن
التحتائية والمولبداتية - ٣٤٥ ، المعادن الفوسفاتية - ٣٤٨
للمعادن السليكاتية - ٣٦٠ ، النيزوسليكاتية - ٣٦٧ ،
الاوروسليكاتية - ٣٧٨ ، السيكوسليكاتية - ٣٨٣ ،
الايوسليكاتية - ٣٨٨ ، الفيلوسليكاتية - ٤٠١ ،
التكتوسليكاتية - ٤١٤ .

الباب العاشر: المعادن في الصناعة ٤٣١

الجزء الثالث

جداول التعرف على المادن .

جداول (١) : المعادن مرتبة تبعاً لزيادة الصلابة ٤٤٨
جداول (٢) : المعادن مرتبة تبعاً لزيادة الوزن النوعي ٤٥٠
مجموعة جداول (٣) : التعرف على المعادن بطريقة منتظمة ٤٥٣
مراجع ٤٧١
دليل المادن ٤٨٠

الجزء الاول

خواص المعادن

الباب الأول

تعريف عام

علم المعادن

يختص علم المعادن Mineralogy بدراسة تلك المواد المتجانسة التي توجد في الطبيعة وتشكون بواسطتها مثل الألماس والذهب والتي نعرفها باسم المعادن Minerals. لقد استرعت المعادن لانتباه الإنسان منذ قديم الزمن. حيث ساهمت في بناء حضارته المتطورة بصورة أو أخرى. إننا نجد في آثار قدماء المصريين (منذ ٥٠٠٠ سنة) ما يدلنا على أنهم فتحوا مناجم الذهب حيث استخلصوا هذا المعدن النفيس من العروق الحاملة له. ويوجد في الصحراء الشرقية بمجمهورية مصر العربية أكثر من ٤٠ منجمها فتحها القدماء واستخرجوا منها الذهب الذي صنعوا منه التماثيل والحلي. وكذلك استعملوا مغرة الحديد الحمراء (معدن الهيماتيت Hematite Fe_2O_3) في طلاء مقابرهم ، كما استخلصوا النحاس من معادن النحاس الخضراء والورقاء التي استرعت لانتباههم في شبه جزيرة سيناء (حيث يوجد بقايا أول فرن في العالم لصهر خامات النحاس) ، ومن النحاس صنعوا الأدوات المختلفة. ولم يقف القدماء عند هذا الحد ، بل ساروا في الصحراء بحثاً وراء الأحجار الكريمة ، وهي معادن نادرة جذابة منها الأخضر مثل الزمرد Emerald ، والملاكييت Malachite ، والفيروز Turquoise ، واللايزر Lapis (واستعملوها في صناعة عقودهم وزينتهم ، ومنذ ذلك التاريخ والمعادن تسهم بصيب كبير في نمو الحضارة ، حتى أن كل عصر كان يعرف باسم المعدن الشائع فيه ، فكان عصر الحديد ، وعصر النحاس ، حتى عصرنا الحاضر ، عصر الذرة ، حيث يستخلص الإنسان عنصر اليورانيوم من معادن اليورانيوم المختلفة ليستعمله في إنتاج الطاقة الذرية .

وبالرغم من اعتماد الإنسان منذ القدم اعتماداً كلياً على المعادن في صناعة أسلحته ، ووسائل راحته ، وزينته ، وعموماً في ضرورياته ، فإنه من الدهش

حقاً أن نجد عندنا كثيراً من الناس لديهم فقط فكرة غير واضحة عن طبيعة المعادن ، وأن هناك علماً متخصصاً في دراستها ومتعمقاً في أبحاثها .

إن مخور الجبال ، ورمال الشواطئ ، وربة البديقة يتكون معظمها أو جزء كبير منها من المعادن . كذلك فإن جميع المنتجات التجارية غير العضوية التي تتداولها في حياتنا اليومية إما أن تكون عبارة عن معادن أو صنعت من مواد معدنية ، فمواد البناء ، والصلب ، والأسمنت ، والوجاج - على سبيل المثال لا الحصر - نحصل عليها من المعادن .

علم المعادن عند العرب :

يعتبر ابن سينا (هو أبو علي الحسين بن عبد الله ابن سينا المتوفى عام ٤٢٨ هجرية / ١٠٤٩ ميلادية) وهو المؤسس الرئيس لعلم الأرض (الجيولوجيا) أول من درس المعادن دراسة علمية فقد قسمها إلى أقسام أربعة هي : الأحجار والذائبات والسكريات (أو الكبريتيدات) والأملاح (أو المتبخرات) . ويأتي بعده العالم البصري البيروني (هو أبو الریحان محمد بن أحمد البيروني المتوفى بقوة بالهند عام ٤٤٠ هجرية / ١٠٦١ ميلادية) ويعتبر كتابه الجواهر في معرفة الجواهر ، أزوع ما كتبه العرب في علم المعادن ، فبالإضافة إلى العدد الكبير من المعادن والأحجار الكريمة والفلاوات التي وصفها العالم الفذ ، فإن البيروني فرق بين المعادن Minerals والفلاوات Metals . ويأتي بعد البيروني العالم التيفاشي (هو شهاب الدين أبو العباس أحمد بن يوسف التيفاشي القيسي المتوفى بالقاهرة عام ٦٥١ هجرية / ١٢٧١ ميلادية) الذي نهج منهجاً علمياً في وصف المعادن والأحجار الكريمة في كتابه « أزهار الأفكار في جواهر الأحجار ، فوصف كل معدن وحجر كريم بالنسبة لجيده وورديه ، خواصه ومنافعه ، قيمته وثمنه ، ثم تكون الحجر من المعادن . ويأتي بعده ابن الألفاني (هو محمد بن إبراهيم بن ساعد السنجاري المعروف بابن الألفاني المتوفى بالقاهرة عام ٧٤٩ هجرية / ١٣٦٩ ميلادية) الذي ألف كتاب « نخب الذخائر في أحوال الجواهر ، وقدم فيه وصفاً لأربعة عشر حجراً من الأحجار الكريمة والمعادن .

إن العرب في الحقيقة هم أول من درسوا المعادن دراسة علمية وقدموا في مؤلفاتهم الأسس العلمية الأولية لعلم المعادن . لقد وصفوا المعادن بالنسبة لخواصها

البورية وخواصها الطبيعية (اللون ، الشفافية ، المخدش أو المحك) والوزن النوعي (الثقل النوعي) والاختبارات الكيميائية ولشأة المعادن وأسماؤها .

مقدمة علم المعادن بالعلوم الطبيعية الأخرى :

عموماً يمكننا أن نرتب العلوم التي تبحث في الموضعات الطبيعية غير العضوية — على أساس أصغر وحدة تختص الدراعات فيها إختصاصاً مباشراً — ترتيباً متسلسلاً. فأصغر الوحدات في علم الفيزياء هي الاليترون والنيوترون وغيرها. أما بالنسبة للكيميائي فأصغر وحدة يهتم بها اهتماماً مباشراً هي الذرة ، وهو يهتم بالاليترونات فقط عندما تؤثر على الذرات . وبطريقة مشابهة يهتم عالم المعادن بصفة أساسية بالوحدة البنائية (خلية الوحدة unit cell) وهي تمثل أصغر مجموعة من الذرات (أو الايونات) التي تبين البناء الكامل لبلاوة المعدن ، وهو يخص الذرات باهتمامه فقط عندما يؤدي ترتيبها في صور متباعدة إلى تكوين أنواع مختلفة من البلورات والمعادن . ويعتبر البصخر (الذي يتكون من جمع من المعادن) أصغر وحدة يهتم بها الجيولوجي إهتماماً مباشراً ، وعندما يهتم بالمعادن فإن ذلك ينصب على مدى ما نسبته المعادن من تغيير في طبيعة البصخر . أما بالنسبة للفلكي فإن أصغر وحدة في دراساته هي النجم أو الكوكب ، مثل كوكب « الأرض » ، التي هي عبارة عن خليط من صخور عدة . وفي هذا الترتيب المتسلسل نجد أن علم المعادن يمثل المكان الأوسط . فوحدة الفلكي أكبر بمراحل من وحدة عالم المعادن ، تماماً كما تكبر هذه الوحدة الأخيرة إذا قورنت بوحدة الفيزيائي . ولكنها حقيقة أساسية أيضاً أن مجالات التخصص في العلوم المختلفة لا تفصلها حدود رأحية ، إنما تتخطى بعضها بعضاً ، تخطياً يزداد كلما تمت العلوم وازدادت المعرفة . وعلى سبيل المثال ، بدأ علم الفلك بدراسة النجوم والكواكب ، ولكنه الآن يضم الأبحاث الطيفية للتعرف على العناصر الموجودة في الشمس وغيرها من النجوم . وكذلك يتخصص عالم المعادن أساساً في دراسة المعادن ، ولكن نظراً لأن هذه المعادن توجد في هيئة بلورات ، فإنه يكون لزاماً عليه — لكي يتنهم طبيعة هذه البلورات — أن يقوم بدراسة الذرات والايونات وكذلك الاليترونات ومحيطها علماً .

التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية:

قام الجيولوجيون بجمع عينات كثيرة لأنواع مختلفة من الصخر ، ومن مناطق متعددة على سطح الأرض . ثم قاموا بعد ذلك بتحليلها بغية الوصول إلى معرفة تركيبها الكيميائي ، ومن هذه التحاليل توصلوا إلى معرفة متوسط التركيب الكيميائي للجزء الخارجى من الغلاف اليابس lithosphere للكرة الأرضية كما هو مبين في الجدول رقم (١) .

التركيب في صور أكاسيد			التركيب في صور عناصر		
النسبة المئوية	القانون	اسم الأكسيد	النسبة المئوية	الرمز	اسم العنصر
—	—	—	٤٦.٧١	O	الأكسجين
٥٩.٠٨	SiO ₂	سليكا	٢٧.٦٩	Si	السليكون
١٥.٢١	Al ₂ O ₃	ألومينا	٨.٠٧	Al	الألومنيوم
		أكسيد	٥.٠٥	Fe	الحديد
٦.٨١	FeO.Fe ₂ O ₃	حديد	٣.٦٥	Ca	الكالسيوم
٥.١٠	CaO	جير	٢.٧٥	Na	الصوديوم
٣.٧١	Na ₂ O	صودا	٢.٥٨	K	البوتاسيوم
٣.١١	K ₂ O	بوتاش	٢.٠٨	Mg	المغنسيوم
٣.٤٥	MgO	مغنيزيا			
٩٦.٤٧		المجموع	٩٨.٥٨		المجموع

جدول (١) : متوسط التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية

ومن هذا الجدول تتضح لنا حقيقتان هاتان :
 أولاً : إن ثمانية عناصر فقط من بين الاثنين وتسعين عنصراً الموجودة في الطبيعة تكون حوالي ٩٩ في المائة بالوزن من تركيب القشرة الأرضية ، وأن بقية العناصر — ومن بينها الذهب والفضة والنحاس والرصاص والزنك — تكون فقط واحد في المائة بالوزن من تركيب القشرة الأرضية

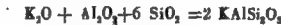
ثانياً : إن الأكسجين هو أكثر العناصر الثمانية انتشاراً على الإطلاق، ولكن هذا لا يعني أن الأكسجين حرطليق في القشرة الأرضية ، ولكنه في الواقع مرتبط ارتباطاً كيميائياً في الصخور المختلفة ، وكذلك الحال بالنسبة للعناصر السبعة الأخرى ، فهي لا توجد بحالتها العنصرية في هذه في الصخور ، ولكنها جميعاً توجد متحدة ومرتبطة بطريقة أو أخرى لتكون ما يعرف باسم المركبات الكيميائية .

ونحن نعرف من دراستنا الكيميائية أن العناصر سالفة الذكر باستثناء الأكسجين والسليكون هي عبارة عن فلزات . أما السليكون فله ميل نحو الفلزات . ولكن خواصه تدلنا على أنه يقع بين الفلزات والالفلزات .

وتتحد هذه العناصر السبعة مع الأكسجين لتكون الأكاسيد . ويمكن اعتبار الأكسيد وحدة كيميائية أساسية . كما يتضح من ذكر التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية في صورة أكاسيد ، في جدول (١) . والمعروف أن أكاسيد الفلزات تغطي قواعداً بينما تعطى أكاسيد الالفلزات أحماضاً . ويتفاعل أكسيد السليكون في هذه الأحوال — خصوصاً عندما توجد الأكاسيد الفلزية — كحامض ، وتكون النتيجة أن يتحد أكسيد السليكون إتحاداً كيميائياً بالأكاسيد الفلزية (قواعد) ليكون السليكات . فثلاً إذا اتحد أكسيد المغنسيوم كيميائياً مع أكسيد السليكون ، فإنه ينتج عن ذلك مركب كيميائي يعرف باسم سليكات المغنسيوم .



وهذا المركب الناتج هو أحد المركبات التي تتكون بواسطة الطبيعة في جوف الأرض وفي ظروف من الضغط والحرارة مختلفة تماماً عما يحدث على سطح الأرض . وفي العادة يتحد أكثر من أكسيد فلزي مع أكسيد السليكون لتكون سليكات ثنائية أو ثلاثية أو أكثر تعقيداً من ذلك مثل سليكات الألمونيوم والبروتاسيوم .



هذه السليكات وغيرها من المركبات الكيميائية التي توجد في الطبيعة

وتكونت بفعل الطبيعة . هي ما نسميها بالمعادن ، وهي التي تدخل في تركيب الصخور المختلفة التي تكون القشرة الأرضية والغلاف اليابس . فالمركب الكيميائي الأول (سليكات المغنسيوم) الذي يوجد في الطبيعة يعرف باسم معدن إنستاتيت Enstatite ، أما المركب الثاني فيعرف باسم أورثوكلاز Orthoclase .

وهناك بعض العناصر تكون معادن بمفردها ، مثل الذهب والنحاس والكبريت والكربون . إن هذه المعادن توجد في الطبيعة مكونة من عنصر واحد فقط ، بدلا من أن تكون مركبا كيميائيا ، ولذلك فإنها تعرف باسم المعادن العنصرية Native minerals ومن أمثلتها معادن الذهب والنحاس والكبريت والألماس والجرافيت . وعلى ذلك نجد أن الخاصية الأساسية للمعادن أنها تتلجج وتتكون بواسطة الطبيعة ، أي أنها منتجات طبيعية وليست صناعية .

ويشير كل من هذه المعادن - سواء أكان مركبا أم عنصرا - بأن ذراته المكونة له توجد مرتبة في نظام هندسي ، أو بمعنى آخر يشير المعدن بكونه متبلورا ، أي يوجد في هيئة بلورات Crystals .

وفي كثير من الأحوال لا يوجد المعدن بمفرده في الطبيعة ، ولكنه يوجد مختلطا مع معدن آخر أو أكثر ، وينتج عن ذلك مخلوط من عدة معادن . مثل هذا المخلوط الطبيعي من معادن مختلفة هو ما يعرف باسم صخر Rock .

طبيعة المعادن

يمكننا أن ننظر إلى المعادن - بصفة عامة - على أنها المواد التي منها تتكون صخور القشرة الأرضية ، وعلى هذا الأساس تعتبر المعادن أهم صلة طبيعية متمصرة بين أبدنا لمعرفة تاريخ الأرض ؛ أو بعبارة أخرى إنها السجل الذي سجلت فيه الحوادث المختلفة المكونة لتاريخ الأرض . ويعتبر الجيولوجي المعادن التي يجهلها في الصخور والعروق منتجات نهائية مستقرة لعمليات طبيعية كثيرة ومتشعبة ، ووظيفته الأولى هي الكشف وإزاحة الستار عن غوامض هذه العمليات . وأول ما يقوم به جيولوجي المعادن في هذه الوظيفة هو دراسة خواص أنواع المعادن (بلورية ، فيزيائية ، كيميائية) ونشأتها ، وعلاقتها الوامانية والتسلسل الزمني لتكوينها أو ما نسميه بالنشأة التابعة Paragenesis . إن معظم الصخور

تتكون من مخاليط معادن عدة ، ولكن قلة من الصخور ، مثل الحجر الجيري
تتكون أساساً من معدن واحد . والغالبية العظمى من المعادن توجد في الطبيعة
مكونة للصخور المختلفة ، أما الباقي فيوجد في الطبيعة مبعوثاً للعروق veins
ومائلاً للفجوات ، ومعظم معادن هذا النوع الأخير من الظهور والتواجد في
الطبيعة ذو فائدة اقتصادية ، وتعرف هذه المعادن باسم الخامات ores ، ومنها
تستخرج الفلوات المختلفة التي تستفيد الحضارة البشرية منها .

وبما أن هدف جيولوجي المعادن هو الوصول إلى الحقائق الفيزيائية والكيميائية
والتاريخية للقشرة الأرضية ، لذلك كان لفظ « معدن » والدراسات المعدنية
محصوراً في المواد التي توجد وتتكون في الطبيعة : فلما الصلب والاسمنت والزجاج
ولو أنها مواد ناتجة من وحدات معدنية توجد في الطبيعة ، إلا أنها لا تعتبر
معادن لأن الإنسان قام بتجهيزها ؛ وكذلك الحال بالنسبة لجوهره صناعية مثل
الياقوت ruby . فلو أنها تشابه تماماً جوهره الباقوت الطبيعية كيميائياً وفيزيائياً
إلا أنها لا تعتبر معدناً .

ولا يدخل في اختصاص جيولوجي المعادن تلك المواد الناتجة من النشاط
الحيواني والنباتي مثل الفحم وزيت البترول والكبريت الخ ، ولو أن هذه المواد
توجد طبيعياً في القشرة الأرضية . فالقوئل والصدقة ولو أنها يشبهان تماماً معدني
الإراجونيت Aragonite والكالسيت Calcite إلا أنها لا يتنظمان تحت
صنف المعادن . هذا بالنسبة لجيولوجي المعادن ، ولكن الجيولوجي الاقتصادي
لا يتعبد بهذا التحديد فعندما يتسكك عن الثروات المعدنية لبلد ما فإنه يشمل
البترول والفحم وكلاهما منتجات عضوية .

وبما كان أهم تحديد وضعه جيولوجي المعادن عند تعريفه للمعدن هو أن المعدن
لا بد أن يكون عصراً أو مركباً كيميائياً أي لا بد أن تكون قادرين على التعبير
عن التركيب الكيميائي للمعدن بواسطة قانون كيميائي . وعلى هذا الأساس يستثنى
من المعادن جميع المخاليط الطبيعية (الميكانيكية) مهما كانت متجانسة ومنظمة .
ولقد نتج هذا التحديد من الصورة التي يعرفها جيولوجي المعادن عن المواد المتبلورة
ألا وهي ذلك الهيكل أو البناء من الذرات والأيونات ومجموعاتها الذي يمتد بصورة

منتظمة هندسية في كل انحاء المادة الصلبة المتبلورة . مثل هذه المادة الصلبة المتبلورة لا بد أن تخضع لقوانين النسب الثانية والمضاعفة ، وكذلك يجب أن تكون المادة في كليتها متعادلة كهربائياً . فإذا أحللتنا ذرة محل أخرى في هذه المادة الصلبة المتبلورة — وكثيراً ما يحدث هذا في الطبيعة — فإن هذا لا يؤثر أو ينقص من التعريف بل ينطبق على مثل هذه المادة ، طالما أن البناء الذري (الهيكل الذري) لم يتغير وطالما أن الحالة الكهربائية متعادلة ، ولهذا السبب فإننا نجد المعادن في بعض الأحيان ذات تركيب كيميائي متغير — ولكن في نطاق محدود — وذلك بسبب إحلال ذرة عنصر محل ذرة عنصر آخر في بناء المعدن .

ومن ناحية أخرى نجد أن مادة مثل إمري Emery توجد في الطبيعة ولها تركيب كيميائي غير عضوي ثابت تقريباً لا ينطبق عليها التعريف أعلاه ، وبالتالي لا تعتبر معدناً ، لماذا ؟ لأنه يمكن فصل هذه المادة إلى مركبين كيميائيين مختلفين تماماً الاختلاف عن بعضهما البعض في خواصهما الفيزيائية والكيميائية هما كوراندوم Al_2O_3 Corundum ، وماجنيتيت Fe_3O_4 Magnetite .

وعلى ذلك نجد أن التركيب الكيميائي للمعدن (المكون من عدة عناصر) يمكن التعبير عنه بقانون تتحد فيه العناصر بنسب ثابتة . فمثلاً في المعدن الشائع المعروف باسم كوارتز Quartz نجد النسبة هي ١ ذرة سليكون إلى ٢ ذرة أكسجين ، وينتج عنها القانون SiO_2 . وكذلك الحال بالنسبة لمعدن خام الحديد المعروف باسم هيماتيت Hematite نجد القانون Fe_2O_3 يدل على أن النسبة هي ٢ ذرة حديد إلى ٣ ذرة أكسجين . وهذه النسب ثابتة لا تتغير مهما تغير المكان الذي نجد فيه الكوارتز أو الهيماتيت . أما المعدن المكون للصخور والمعروف باسم أوليفين Olivine فنجد أن قانونه كما تدل عليه التحاليل الكيميائية هو $(Mg, Fe)_2 SiO_4$. مثل هذا القانون يدل على أن المغنسيوم والحديد يوجدان في جميع معادن الأوليفين بنسب تختلف من مكان إلى آخر ، ولكن النسبة بين مجموع ذرات المغنسيوم والحديد إلى عدد ذرات السليكون والأكسجين نسبة ثابتة . وهذا يعني بالنسبة للجيولوجي المعادن أن ذرات المغنسيوم والحديد حرة في إحلالها محل بعضها البعض في أماكنها المتشابهة في البناء الذري للمعدن الأوليفين . ومثل هذا الاختلاف في التركيب

الكيميائي ، نتيجة لإحلال ذرة عنصر محل ذرة عنصر آخر ، لا يتعارض مع قانون النسب الثابتة في المركبات الكيميائية .

وعندما يتكون المعدن وينمو فإن نسب الذرات المكونة له تظل محفوظة ، وينتج عن ذلك ترتيب الذرات ترتيباً هندسياً منتظماً في الأبعاد الثلاثة . ويمكننا في الوقت الحاضر التعرف على هذا النظام الذري الداخلي بواسطة طرق فيزيائية تستعمل فيها الأشعة السينية والميكروسكوب . ولكن قبل استعمال هذه الطرق كانت دراسة الأسطح الخارجية للمعدن هي التي تمنحنا فكرة عن الترتيب الذري الداخلي . وعندما يكون المعدن حراً في نموه كما يحدث في فجوة واسعة مثلاً ، فإن النظام الذري الداخلي يعكس نفسه في الخارج عن طريق السطوح التي تحد المعدن من الخارج وينتج عن ذلك تكوين « بلورة » المعدن .

وعلى ذلك يمكننا تعريف المعدن بأنه كل مادة صلبة متجانسة تكونت بفعل عوامل طبيعية غير عضوية وله تركيب كيميائي محدود ونظام بلوري محدد .

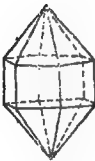
ولعلم المعادن صلة وثيقة بعلوم الجيولوجيا والفيزياء والكيمياء . فجيولوجي المعادن يرسم التراكيب الجيولوجية في الحقل ويبين عليها الرواسب المعدنية والظواهر البنائية للقشرة الأرضية ، ويجمع العينات من هنا وهناك . ثم يحللها في مختبره ، ويجري عليها التجارب والطرق المختلفة التي يستعملها الكيميائي والفيزيائي .

ولو أن علم المعادن علم متكامل الوحدات ، إلا أنه لغرض الدراسة ومعالجة موضوع المعادن في هذا الكتاب بطريقه سهلة يمكننا تقسيم العلم إلى أفرع البلورات والخواص البلورية للمعادن Crystallography ، والخواص الفيزيائية للمعادن Physical Mineralogy ، والخواص الكيميائية للمعادن Chemical Mineralogy ، ونشأة المعادن Genesis ، وتكوينها ووجودها في الطبيعة Occurrence ، سواء أكان ذلك في الرواسب المعدنية المعروفة باسم الخامات أم في أنواع الصخور المختلفة ، ثم وصفها وطرق التعرف عليها Determinative Mineralogy والتمييز بينها .

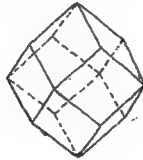
الباب الثاني

البلورات والخواص البلورية للمعادن

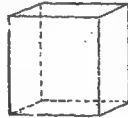
تعريف: علم البلورات هو ذلك العلم الذي يختص بدراسة البلورات والمواد المتبلورة. والمعروف أن المواد المتبلورة توجد في الطبيعة إما في حالة حبيبات منفردة أو مجموعات *crystalline aggregates*. ويمكن تعريف البلورة بأنها عبارة عن جسم صلب متجانس يحده أسطح مستوية تكونت بفعل عوامل طبيعية تحت ظروف مناسبة من الضغط والحرارة. والأسطح المستوية التي تحد البلورة تعرف باسم أوجه البلورات *crystal faces*، أشكال (١)، (٢)، (٣).



شكل (٣)



شكل (٢)



شكل (١)

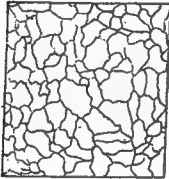
والأوجه البلورية في الحقيقة هي تعبير وإظهار لترتيب الذرى الداخلى لل مادة المتبلورة. والعمليّة التي تنتج لنا بلورات تعرف باسم عملية التبلور، وهى عملية تحدث أمام أعيننا إذا تغير ماء البحر أو المحاليل المشبعة، أو برد مصهور بيطه أو تكثف غاز إلى الحالة الصلبة مباشرة. وفي البلاد الباردة يتجمد ماء المطر بسبب انخفاض درجة الحرارة وتتكون بلورات الثلج الـبيداسية الشكل.

فإذا فحصنا أى بلورة منفردة من هذه البلورات الناتجة نجد أن التي نمت بحرية ودون عائق يحد من حريتها في النمو، لها أسطح مستوية أو أوجه، تكونت طبيعياً أثناء نمو البلورة. أما الأسطح التي نراها مصقولة على قطعة من الزجاج، ومرتبطة في شكل هندسى جميل، وتباع كجواهر مقلدة، فإنها لا تسمى أوجها بلورية، كما

أن الزجاج نفسه لا يسمى بلورة، فبالإضافة إلى أن هذه الأسطح المستوية صناعية التكوين ، فإن المادة نفسها وهى الزجاج ينقصها البناء الذرى الداخلى المرتب .

ويستخدم علم البلورات الآن باستمرار وباطراد مستمر فى حل كثير من المشاكل الكيميائية والفيزيائية وفى دراسات وأبحاث التعدين والمواد الحرارية والادوية واندراستات البيولوجية (الحيوية) .

ويمكن تقسيم البلورات حسب إستكمال الأوجه البلورية إلى ثلاثة أقسام:



(١) بلورات كاملة الأوجه eubedral وذلك حينما تكون جميع الأوجه البلورية موجودة .
(٢) ناقصة الأوجه subbedral وذلك حينما يكون جزء من الأوجه متسكون فقط والباقي غير موجود .

شكل (٤)

(٣) عديدة الأوجه anbedral وفى هذه الحالة تكون المادة المتبلورة عبارة عن حبيبات لا يحددها أوجه بلورية ، وغالباً ما توجد هذه الحبيبات فى هيئة مجموعات crystalline aggregates كما فى شكل (٤) . الذى يمثل مقطعاً فى صخر مكون من حبيبات الكوارتز عديدة الأوجه .

وتشترك هذه الأنواع الثلاثة (كاملة الأوجه . ناقصة الأوجه ، عديدة الأوجه) فى أن لها بناء ذرياً داخلياً منتظماً . أو بمعنى آخر إن المواد المكونة لها سواء أكانت ذرات أم أيونات (لخ) توجد مرتبة فى نظام هندسى . وعلى هذا الأساس يتبين لنا أنه ليس من الضرورى بتاتاً أن نجد الأوجه البلورية تحدد المادة المتبلورة إذ أن تكون هذه الأوجه زمن بالظروف المحيطة بالمادة المتبلورة أثناء عملية التبلور . وعلى ذلك فإتفا نعرف كل مادة صلبة ذات بناء ذرى داخلى منتظم باسم مادة متبلورة فإذا كانت هذه المادة المتبلورة ذات أوجه طبيعية مرتبة فى نظام هندسى ، ويمكن رؤية هذه الأوجه بواسطة العين المجردة ، أو عدسة مكبرة . سميت باسم بلورة . ويبين شكل (٥) بلورة لمعدن الهاليت (كلوريد الصوديوم) . وطريقة رسم

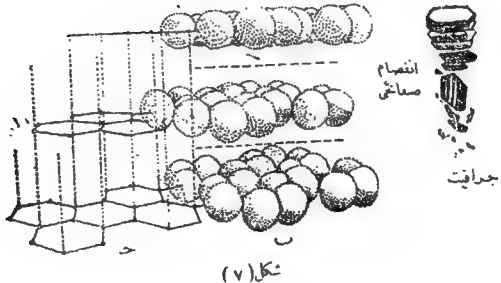
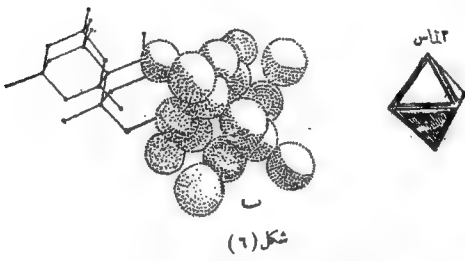
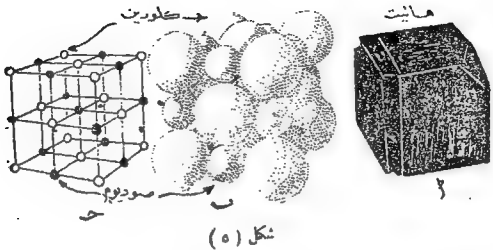
أيونات الصوديوم والكلورين في بنائها الذري الداخلي المنتظم . أما شكل (٦) فيبين بلورة لمعدن الألاس (كروزن) ، وهي تختلف في شكلها الخارجى وكذلك في طريقة رص ذرات الكربون داخلها عن بلورة الهاليت . أما شكل (٧) فيبين طريقة أخرى لرص ذرات الكريون لتنتج لنا بلورة مختلفة تماماً عن بلورة الألاس ، هي بلورة معدن الجرافيت .

أما إذا كانت المادة بنفسها البناء الذرى الداخلى المنتظم فتوصف بأنها مادة غير متبلورة *noncrystalline or amorphous* وتكون الماسان غير المتبلورة في المملكة المعدنية قلة (وتعتبر استثناء وليست القاعدة إذا الزمن بالتعريف الحرفى للمعدن الذى يتضمن أن المعدن مادة متبلورة) ومن أمثلة المعادن غير المتبلورة الأوبال ($SiO_2 \cdot nH_2O$) والكريزوكولا *Chrysocolla* (سليكات النحاس المائية) . ولما كان البناء الذرى في مثل هذه المواد غير المتبلورة غير منتظم فإننا نجد أن تركيبها الكيميائى غير ثابت . وبالتالى لا يعبر عنه بقاتون كيميائى . فمثلاً تتراوح نسبة الماء في معدن الأوبال ما بين ٩٤ ٪ بالمائة وقد تصل إلى ٢٠ بالمائة من وزن المعدن . أما في معدن الكريزوكولا فإن تركيبه الكيميائى متغير في مدى كبير حيث نجد أن كميات النحاس والماء متغيرة وليست ثابتة .

ومن هذا يتضح لنا أن الفرق بين المادة المتبلورة وغير المتبلورة يكون في البناء الداخلى . فإذا كانت الذرات مرتبة في نظام معين فالمادة متبلورة ، أما إذا لم تكن كذلك ، أى أن الذرات غير مرتبة ، فالمادة إذن غير متبلورة . وعندما لا توجد أوجه بلورية ، فإنه لا يمكن التفرقة بين المادة المتبلورة وغير المتبلورة إلا بواسطة استعمال الميكروسكوب المستقطب وفي بعض الأحيان الأشعة السينية .

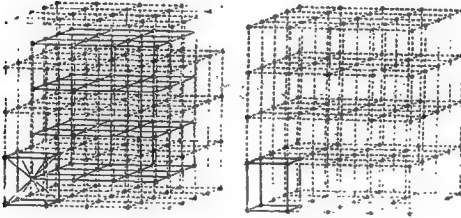
ولكن إذا كانت الأوجه البلورية موجودة ، كلها أو بعضها ، فإن دراستها تساعدنا كثيراً في التعرف على المعدن ، لأن الأوجه البلورية ، ما هى إلا تعبير عن البناء الذرى الداخلى للمعدن . و دورفولوجيا البلورات ، هو ذلك الفرع من علم البلورات الذى يختص بدراسة الخواص الخارجية للبلورات .

وقبل أن نصف المظهر الخارجى للبلوات بشيء من التفصيل ، يجدر بنا أن نشير إشارة سريعة إلى بعض الخواص الهندسية للبناء الذرى الداخلى المنتظم للبلورات .



البناء الداخلي للبلورات

تميز المواد البلورية بحقيقة أساسية هي الترتيب المنتظم للذرات والأيونات التي تتكون منها . وعلى هذا الأساس يجب أن نتصور البلورة كبنية يتكون من وحدات غاية في الدقة تتكرر بانتظام في الأبعاد الثلاثة . شكل (٨) ، (٩) . وأساس بناء البلورة هو التكرار ، الذي يمكن تشبيهه بتكرار رسم معين على ورق التزيين الذي يعلق على الحائط (ولكن مع فارق أنه في هذه الحالة الأخيرة يكون التكرار في بعدين فقط) .

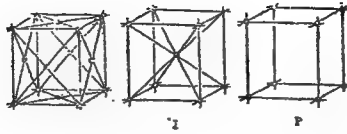


شكل (٩)

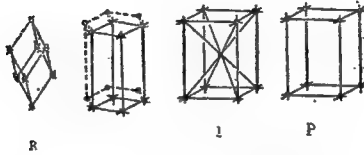
شكل (٨)

وتترتب هذه الوحدات المتشابهة عند نقاط منتظمة في الأبعاد الثلاثة بطريقة تجمع كل نقطة لها نفس الظروف المحيطة بالنقاط الأخرى ويحدد هذا الترتيب بواسطة اتجاهاته الثلاثة والمسافات التي تتكرر عندها النقاط في هذه الاتجاهات . وقد أوضح المحاولات التي قام بها برايه Bravais عام ١٨٤٨ أن هناك ١٤ نمطا فقط لهذه الترتيبات الفراغية الممكنة هندسيا . وتعرف هذه الترتيبات الفراغية باسم الترتيبات الفراغية الأربعة عشر لبرايه The 14 Bravais Space Lattices شكل (١٠) .

وأسطح وحدات الترتيب الفراغي مجسم متوازي السطوح Parallelepiped ويعرف باسم الوحدة الثانية unit cell . ويلاحظ ، في شكل (١٠) ، أن بعض



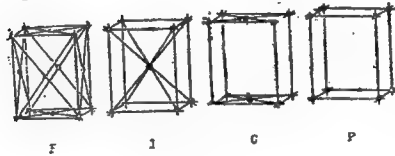
الكمب



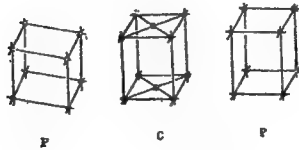
الثلاثي

المعداسي

الرباعي



المعيني القائم



الميل الثلاثة

الميل الواحد

هذه الترتيبات الفراغية أو الوحدات البنائية لما نقاط عند الأركان فقط، وتعرف بأسم الترتيبات الفراغية البدائية (P) Primitive تحتوي الواحدة منها على نقطة واحدة (وتفسر ذلك أنه بالرغم من وجود نقاط عند الأركان التماثلية للوحدة البنائية في الترتيب الفراغي البدائي ، إلا أنه نظراً لأن كل نقطة من هذه النقاط تكون مشتركة بين ثماني وحدات بنائية متجاورة. فإن ثمن $(\frac{1}{8})$ نقطة يتبع الوحدة البنائية الواحدة ، وبالتالي تسهم النقاط عند الأركان الثمانية بما يساوي نقطة واحدة بالنسبة للوحدة البنائية الواحدة) . وتختلف هذه الوحدات البنائية البدائية عن بعضها البعض في أطوال حدودها (حوافها edges) والزايا المحصورة بين هذه الحدود (α, β, γ) أما بقية الوحدات البنائية، شكل (١٠) ، فلها نقاط إضافية إما عند مراكز جميع الأوجه . وتعرف بأسم عمركوة الوجه Face(F) centered أو عند وجبين متقابلين (C) End centered : أو بمركزة في الداخل Body centered (1) . وفي جميع هذه الحالات تكون الوحدة البنائية مضاعفة أي تحتوي على أكثر من نقطة (٤ نقاط في حالة F ، نقطتان في كل من حالتى C ، I)

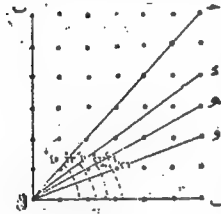
وتكون الوحدات البنائية المرصوفة في ترتيب الهيكل الفراغي — مثلا، شكل (٨) : ترتيب فراغي بدائي P ، وشكل (٩) : ترتيب فراغي مركزي في الداخل I — البلورات التي نمسكها بين أيدينا وبحرى عليها الإختبارات . وهذه الوحدات في الحقيقة إما ذرات أو مجموعات من الذرات . ففي البلورات كما في المعادن العنصرية (أى التي تتكون من عنصر واحد) ، نجد الذرات غير مشحونة ؛ ولكن في معظم الأحيان تحمل الذرات شحنات كهربية ، وتعرف حينئذ بأسم أيونات ions (تعرف الموجبة منها بأسم كاتيونات بينما تعرف السالبة بأسم أنيونات) . وتتكون معظم المعادن من أيونات أو جشود من الأيونات يضمنها إلى بعضها البعض روابط كهربائية ناشئة عن الشحنات المضادة. وتقص بكلمة بناء structure البلورة ترتيب الأيونات والمجموعات الأيونية في الفراغ وطبيعة الروابط الكهربائية التي تضم هذه الأيونات إلى بعضها البعض ، ومدى قوة هذه الروابط . ويمكن تشبيه الوحدات البنائية (الذرات والأيونات والحشود الأيونية) ويقال الطوب، في بيان حائط، بينما تشبه الروابط الكهربائية بين هذه الوحدات السائيه ، بالمونة ، التي تضم القوالب بعضها إلى بعض .

الخواص الخارجية للبلورات

النمو البلوري :

قلنا أن البلورة تتميز عن المادة المتبلورة في أن لها أسطحاً مستوية خارجية تعرف بالأوجه البلورية . ونجد أن لهذه الأوجه البلورية علاقة بالنظام الذري الداخلي . هذه العلاقة ناشئة من أن هذه الأوجه البلورية تكونت نتيجة لهذا النظام الذري الداخلي . الملاحظ أنه عندما ترتب الفترات نفسها في أى نظام - أثناء نمو المادة المتبلورة - قد يكون هناك عدد معين من السطوح المحتمل تكونها لتحديد البلورة الناتجة وهذا العدد يكون عادة قليلاً ، وذلك لأن المستويات التي تشمل أكبر عدد من الفترات هي التي تحدد أوجه البلورية ، أى أن الأوجه البلورية المحتمل تكونها (وفي العادة هي التي تتكون فعلاً) هي التي تشمل أكثر عدد ممكن من الفترات .

فإذا فحصنا شكل (١١) ، نجد أنه



شكل (١١)

يمثل البناء الذري لإحدى البلورات يمثل في بعدين فقط ، وأن الفترات تبعد عن بعضها البعض بمسافات متساوية ، ونلاحظ أن هناك عدداً لا حصر له من المستويات التي يمكن أن توجد في هذا الترتيب الفراغي ، ولكن الأسطح أو الأوجه البلورية المحتمل تكونها هي تلك التي تشمل أكبر عدد من الفترات ، ولذلك

فإننا نجد أن السطح أو الوجه 'ا' وكذلك السطح 'ح' هما أكثر الأوجه تكوناً وإنتشاراً على بلورات هذه المادة .

ولما كان البناء الذري الداخلي للمادة المتبلورة ثابت ، وأن الأوجه البلورية — كما أسلفنا — لها ارتباط وثيق ثابت بالنظام الذري الداخلي ، فإنه يتبع عن ذلك أن الأوجه البلورية الخارجية لا بد وأن تكون ذات علاقة ثابتة مع بعضها البعض . هذه العلاقة الثابتة بين الأوجه البلورية توجد في الإزوايا التي تكونها الأوجه . وهذه الحقيقة تعرف باسم قانون ثبات الإزوايا بين الوجوه

Law of constancy of interfacial angles

وبعض هذا القانون على أن زاوية الميل بين وجهين بلوريين (زاوية بين

وجية) ثابتة في بلورات المادة الواحدة (عند درجة الحرارة الواحدة) . فنجد في الشكل السابق (١١) أن الوجه a يعمل زاوية مقدارها ٤٥° مع الوجه ab في جميع بلورات هذه المادة ذات النظام القنري الميكن (المسافات متساوية بين الذرات في جميع الاتجاهات) ؛ أما الوجه a ذاته يعمل زاوية مقدارها $٤٣^\circ ٢٤'$ مع الوجه ab ، و يعمل الوجه a زاوية مقدارها $٢٦^\circ ٣٤'$ مع الوجه ab ، أما الوجه a و فيعمل زاوية مقدارها $١٨^\circ ٢٦'$ مع الوجه ab .

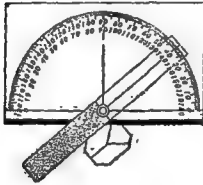
وهذا القانون أساسى ومهم جدا في علم البلورات ، فبواسطته يمكن التعرف على كثير من المعادن ، وذلك إذا قسنا الزوايا بين الوجية بدقة (بواسطة جهاز يعرف باسم الجونيومتر) إذ أن هذه الزوايا مميزة لكل معدن .

ومن أبسط أنواع الجونيومتر

النوع الذى يعرف باسم جونيومتر التماس

(شكل ١١) contact goniometer

الذى يستعمل في قياس الزوايا بين الوجية على البلورات السكينة ونتائجه دقيقة إلى حد ما .



ويمكن التعرف على طريقة استعماله

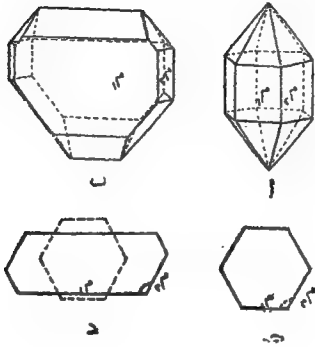
بملاحظة شكل (١٢) ويجب مراعاة

شكل (١٢)

أن يكون مستوى ذراعى الجونيومتر متعامدا تماما على حرقى البلورة اللذين يحصران بينهما الزاوية بين الوجية .

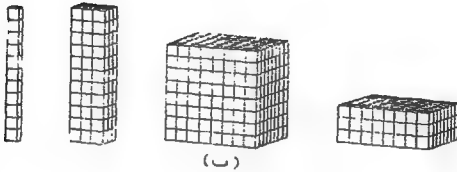
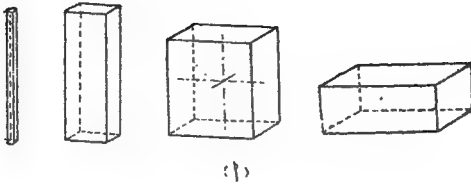
كما يجب ألا يثقب عن الذهن أن الزوايا المكملة (الزوايا الداخلة) هى التى تقاس عادة وتدون كقيمة للزوايا بين الوجية عند دراسة البلورة . ففي شكل (١٢) تسجل الزاوية التى مقدارها ٤٠° وليست الزاوية التى مقدارها ١٤٠° .

وأول من لاحظ ثبات الزوايا بين الوجية هو العالم الدنيمركى استينو عام ١٦٦٩ . فعندما قطع مقاطع أفقية في عدد كبير من بلورات السكوارتز شكل (١٣) ، وجد أن الزاوية بين أى وجين ، وليكونا m ، n مثلا ، مقدارها ثابت بين جميع الأوجه التى تناظر m ، n فى المقاطع الأخرى . هذه الزاوية مقدارها ١٢٠° وهى ثابتة مهما اختلفت البلورات فى الشكل الخارجى أو الحجم ، ومن أى مكان جمعت البلورة .



شكل (١٢)

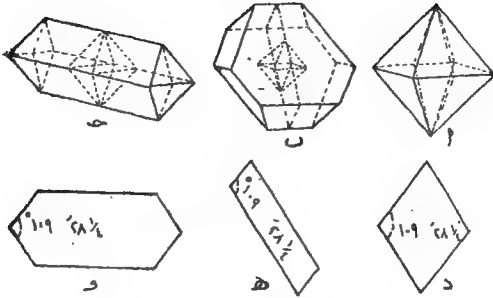
وتختلف بلورة المعدن الواحد في الطبيعة من ناحية مظهرها ، فمنها الصغير ومنها الكبير ، ومنها المفلطح ومنها الطويل ، إريا كان أو منشوريا . ولكتنا نجد ألهما اختلف المظهر فإن الزوايا بين الوجية ثابتة . فبلورة مكعبة الشكل شكل (١٤) قد توجد متساوية الأبعاد أو مفلطحة أو منشورية ، أو إبرية ولكن في جميع الحالات تبقى الزاوية بين أى وجهين متساويين ثابتة ومقدارها في هذه الحالة ٩٠° . والسبب في ذلك أن المظهر الخارجى للبلورة المكعبة هو الذى تغير ، أما البناء الداخلى وترتيب الذرات فلم يتغير . فالوحدات البنائية التى يتكون منها المكعب شكل (١٤ ب) ثابتة في جميع المظاهر الخارجية للبلورة . فهى وحدات متساوية الأبعاد ، والذى حدث هو أنه أثناء عملية نمو البلورة ، تؤثر الظروف المحيطة على النمو ، فقد تجعل الوحدات البنائية تضاف بنسب متساوية في الأبعاد الثلاثة فيتبعها المكعب ، أو تضاف بسرعة كبيرة في بعدين فقط وبسرعة بطيئة في بعد واحد فتتبع بلورة مفلطحة (تضدية) ، (أقصى اليمين في شكل — ١٤) ، أو تضاف



شكل (١٤)

الوحدات البناية بسرعة كبيرة نسبياً في بعد واحد فقط فتنتج بلورة منشورية ،
أو بسرعة كبيرة جداً في بعد واحد أيضاً فتنتج بلورة إبرية (أقصى اليسار في
شكل - ١٤) .

ونلاحظ بصفة عامة أن الأوجه البلورية في البلورات الطبيعية (الموجودة
في الطبيعة) غير متساوية التكوين . فنجد مثلاً أن الأوجه البلورية النهائية للشكل
البلوري المعروف باسم ثماني الأوجه octahedron شكل (١٥ - ١) لا تكون
متساوية في شكل مثلثات متساوية الأضلاع [كما هو الحال في البلورة النموذجية ،
شكل (١٥ - ١)] ولكن نجد أن هذه الأوجه غير متساوية التكوين ، شكل
(١٥ - ب ، ١٥ - ج) ، ولكن بالرغم من عدم تساوي الأوجه فإن الزوايا بين
الزوايا ثابتة ، شكل (١٥ - ١٥ ، ١٥ - ١٥) .



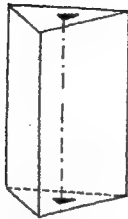
(شكل ١٥)

ويعرف عدم تساوى الأوجه البلورية للشكل البلورى الواحد باسم اختلاف الأوجه البلورية أو التشوه distortion، وتعرف البلورة في هذه الحالة باسم مختلفة الأوجه البلورية أو مشووعة distorted. والتشوه لا يغير من قيمة الزوايا بين الوجوه بالمرّة. وهذا ناتج من أن الأوجه البلورية نفسها ثابتة الميل والاتجاه، لأنها هي الأخرى نتيجة وتمثيل للبناء الذرى الداخلى المنظم للبلورة شكل (١١)، إذ تكون الأوجه البلورية موازية للمستويات التى تشمل أكبر عدد ممكن من الذرات. وبما أن الترتيب الذرى الداخلى ثابت فى جميع بلورات المادة الواحدة، لذلك كانت الأوجه البلورية المتكونة على جميع هذه البلورات ثابتة الاتجاه أيضاً، وبالتالي تكون الزوايا بينها ثابتة.

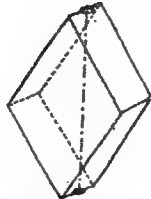
عناصر التماثل

Elements of Symmetry

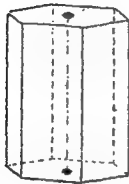
من الظواهر الملحوظة على كثير من البلورات ظاهرة التوزيع المنظم والمترتب للأوجه البلورية. فالتا نجد أن جميع الأوجه البلورية وكذلك الذرات والأيونات المكونة للمادة مرتبة حسب نظام خاص وتنفى معين يخضع لقواعد معينة تعرف باسم عناصر التماثل. وجوهر التماثل هو التكرار. فنلاحظ أن وجه البلورة مثلاً أو أحد أحرافها يشكر عدة مرات - أى يوجد فى أماكن متماثلة عدداً من المرات - طبقاً لقانون ثابت. ويعتبر التماثل أساساً فى دراسة البلورات.



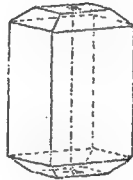
شكل (١٧) .



شكل (١٦)

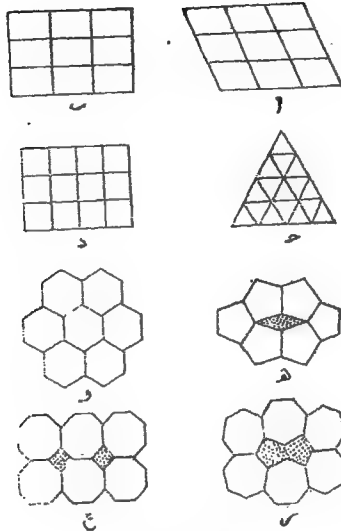


شكل (١٩)



شكل (١٨)

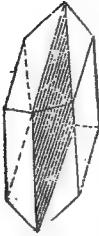
وقد يتساءل سائل لماذا لا يوجد محور خاصي التماثل أو سباعي التماثل أو أكبر من ذلك ؟ والإجابة على ذلك بسيطة إذا علمنا أن الوحدة البنائية ذات التماثل البلوري يجب أن تكون قادرة على التكرار في الفراغ دون أن تترك أي فجوات أو مسافات . فالأشكال الثنائية التماثل وكذلك الثلاثية والرابعة والسادسة



شكل (٢٠)

تكرر لتملأ الفراغ دون أن تترك أى فجوات أو مسافات بيئية ، شكل (٢٠-١
 ب ، ج ، د ، هـ) بينما تترك الأشكال الخامسة والسادسة والثمانية التماثل شكل
 (٢٠-٨ ، ز ، ح) مسافات وفجوات (مظللة فى الرسم) ، وهذا لا يتفق
 مع الترتيب المنتظم فى الفراغ للوحدات البنائية فى الأبعاد الثلاثة .

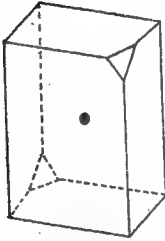
(٢) مستوى التماثل Plane of symmetry



شكل (٢١)

. وهو المستوى الذى يقسم البلورة إلى نصفين متشابهين بحيث إذا وضعنا أحد النصفين أمام مرآة فإن الصورة الناتجة تطابق تماماً على النصف الآخر للبلورة ويرمز للمستوى التماثل برمز «م» (من كلمة مرآة "mirror" شكل (٢١)).

(٣) مركز التماثل Center of symmetry



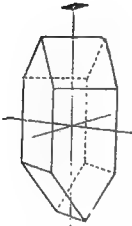
شكل (٢٢)

تحتوى البلورة على مركز تماثل إذا قابل الخط المار بالمركز من أى نقطة على سطح البلورة نقطة مشابهة لها تماماً على الجزء المقابل. أو بمعنى آخر إذا وجد لكل وجه بلورى أو حرف فى ناحية من مركز البلورة وجه بلورى مشابه أو حرف فى الناحية المقابلة الأخرى من مركز البلورة وعلى مسافة مساوية، فإن هذه البلورة تحتوى على مركز تماثل شكل (٢٢). ويرمز لمركز التماثل بالرمز «i» (نقطة التماثل الداخلية). والبلورة إما أن تحتوى على مركز تماثل واحد فقط أو لا تحتوى على مركز تماثل بالمرّة.

(٤) محور التماثل أو تقويم Inversion axis symmetry

يجمع هذا العنصر التماثل بين محور التماثل الدوراني والإقلاّب عبر مركز البلورة، ويجب أتمام العمليتين قبل الحصول على موقع التكرار الجديد. فإذا كان يوجد بالبلورة مركز تماثل فإنه يرمز له عادة برمز محور الإقلاّب أحادى التماثل (٢)، إذ أن هذا يكافئ دوران نقطة على البلورة دورة كاملة (٣٦٠°) ثم

تكرارها بانقلابها عبر المركز في الجهة المقابلة لهذه النقطة على البلورة . وهناك أيضاً عاود انقلابية ثنائية ، وثلاثية ، ورباعية ، وسداسية التماثل . والآن لننضم كيف يعمل محور تماثل انقلابي ، وليكن مثلاً محور انقلاب رباعي التماثل . في حالة محور الدوران الرباعي التماثل ، شكل (١٨) ، نلاحظ أن تكرار أربع نقاط (أو أركان) — بعد الواحدة منها عن الأخرى ٩٠° — يحدث جميعه إما على الجزء الأعلى للبلورة أو على الجزء الأسفل للبلورة . أما في عملية المحور الانقلابي الرباعي التماثل ، فإن النقاط (أو



شكل (٢٣)

الأركان الأربع سوف تتكرر أيضاً كل ٩٠° ، ولكن اثنتين منها توجد أعلى البلورة ، بينما توجد النقطتان الأخريان أسفل البلورة ، شكل (٢٣) . إن عمل مثل هذا المحور الانقلابي التماثل يشمل أربعة دورانات كل ٩٠° ، وعلى كل عملية دوران انقلاب عبر المركز . وعلى ذلك إذا كانت النقطة الأولى في الجزء الأعلى من البلورة ، كانت النقطة الثانية في الجزء الأسفل للبلورة ، والثالثة في الجزء الأعلى والرابعة في الجزء الأسفل . ويرمز للمحاور الانقلابية أحادية ، وثنائية ، وثلاثية ، ورباعية وسداسية التماثل بالرموز الآتية على التوالي :

$$\bar{1}, \bar{2}, \bar{3}, \bar{4}, \bar{6} \quad \bar{2}, \bar{3}, \bar{4}, \bar{6}$$

وإذا فحصنا الأشكال السابقة ، (١٦) إلى (١٩) ، شكل (٢١) بهي من الدقة والتفصيل ، فإننا نلاحظ أن كلا من هذه البلورات المرسومة تحتوي على أكثر من عنصر التماثل المميز في الشكل . فالبلورة الميئة في شكل (١٦) مثلاً ، تحتوي على محورين آخرين ثنائي التماثل ، كما تحتوي على ثلاثة مستويات تماثلية وتحتوي أيضاً على مركز تماثل ! بينما البلورة الميئة في شكل (٢١) تحتوي على محور ثنائي التماثل عمودي على مستوى التماثل الموضح ، وكذلك تحتوي على

مركز تماثل . أما البلورة المبنية في شكل (٢٢) فإنها لا تحتوى سوى مركز التماثل المين بها . وأكبر عدد من عناصر التماثل يمكن أن يوجد في بلورة واحدة هو ٢٣ ، كما سترى بعد . أما أقل عدد ، فهناك بلورات لا تحتوى على عناصر تماثلية بالمرّة .

فانون التماثل Symmetry formula

يمكن كتابة عناصر التماثل في البلورة في هيئة قانون يعرف باسم قانون التماثل المكامل Complete Symmetry Formula وذلك باستعمال الرموز التماثلية وهى : ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٦ للمحاور الدورانية الثنائية والثلاثية والرابعة والسداسية التماثل على التوالي و ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٦ للمحاور الانعكاسية الاحادية والثانية والثلاثية والرابعة والسداسية التماثل على التوالي ، م لمستوى التماثل ، ن لمركز التماثل . فإذا وجد محور دوران تماثلي عموديا على مستوى تماثل فإن القانون يكتب هكذا $\frac{2}{n}$ أو $\frac{3}{n}$ ، الخ . . . حسب درجة المحور التماثل ، وبقرا اثنين على ميم ، ثلاثة على ميم الخ . . . أما إذا كان المحور التماثلي ، يمر في المستوى التماثلي وليس عموديا عليه ، فإن القانون يكتب م ٢ أو م ٣ الخ . . حسب درجة المحور التماثل . أما في حالة وجود مستويان تماثليان أحدهما عمودى على المحور التماثلي والآخر يمر بالمحور فإن القانون يكتب $\frac{2}{m}$ أو $\frac{3}{m}$ ، الخ . وفي حالة وجود أكثر من محور تماثل واحد أو مستوى تماثل واحد فإن عدد المحاور أو المستويات يكتب في الركن الاعلى التامالى لرمز المحاور أو المستوى هكذا م ٢ ، $\frac{2}{2}$ ، أى ثلاثة محاور ثنائية التماثل ، ثلاث مستويات تماثلية ، ثلاثة محاور رباعية التماثل عمودية على ثلاث مستويات تماثلية ، على التوالي (لاحظ أن القانون الأخير لا يعنى ثلاثة محاور رباعية التماثل عمودية على مستوى تماثل واحد ، إذ أن $\frac{4}{4}$ تدل على مجموعة غير مجزأة) .

الفصائل والمحاور البلورية

Crystallographic Systems and Axes

الفصائل البلورية Crystallographic Systems

تتبع البلورات سبعة أقسام تعرف باسم الفصائل البلورية السبعة يمكن التعرف عليها على أساس المحاور التماثلية الموجودة كما يلي :

(١) فصيلة المكعب (أو متساوى الأطوال) Cubic or Isometric

system وتشمل جميع البلورات التي تحتوي على أربعة محاور ثلاثية التماثل .

(٢) فصيلة السداسى Hexagonal system ، وتشمل جميع البلورات التي

تحتوى على محور واحد سداسى التماثل فقط .

(٣) فصيلة الرباعى Tetragonal system ، وتشمل جميع البلورات التي

تحتوى على محور رباعى التماثل فقط .

(٤) فصيلة الثلاثى Trigonal system ، وتشمل جميع البلورات التي تحتوي

على محور واحد ثلاثى التماثل فقط

(٥) فصيلة المعيني القائم Orthorhombic system ، وتشمل جميع

البلورات التي تحتوي على ثلاثة محاور ثنائية التماثل .

(٦) فصيلة المنحني اواحد Monoclinic system ، وتشمل جميع البلورات

التي تحتوي على محور واحد ثنائى التماثل فقط .

(٧) فصيلة الميول الثلاثة Triclinic system وبلوراتها لا تحتوي على أية

محاور تماثلية .

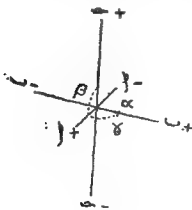
وتضم كل فصيلة من هذه الفصائل السبعة عددا من المجموعات التماثلية ، أو ما يعرف باسم النظم البلورية Crystal classes (اثنين في فصيلة الميول الثلاثة ، ثلاثة في كل من فصيتى الميل الواحد والمعيني القائم ، خمسة في كل من فصيتى الثلاثى والمكعب ، سبعة في كل من فصيتى الرباعى والسداسى) وتحتوى على المميزات التماثلية للفصيلة التى تتبعها . فمثلا ، قد تحتوى بلورة تابعة لفصيلة الثلاثى على محور دوران ثلاثى التماثل فقط ، أو على محور انقلاب ثلاثى التماثل ، أو على مجموعة من محور واحد ثلاثى التماثل وثلاثة محاور ثنائية التماثل ، أو ثلاثة مستويات

وسوف نكتفي في مناقشاتنا الحالية بدراسة النظام الكامل التماثل في كل فصيلة بالتفصيل ، أما النظم الأقل تماثلاً في كل فصيلة فسوف نشير إليها في أول الحديث عن الفصيلة . ويجدر بنا أن نشير في هذا المقام إلى أن بعض المؤلفين في بعض النواحي يعتبرون فصيلة الثلاثي قسماً تابعاً لفصيلة السداسي ، وهذا يعني ستة فصائل بلورية فقط ولكن العدد الكلي لمجموعات التماثل المختلفة (النظم البلورية) موزعة على هذه الفصائل الستة هو بعينه نفس العدد (٢٢) الذي يضمه التصنيف إلى سبعة فصائل .

المحاور البلورية Crystallographic axes

المحاور البلورية هي عبارة عن ثلاثة خطوط تصورية أو خيالية ، شكل (٢٤) ، (أربعة في فصيلة السداسي والثلاثي) والتي يمكن رسمها داخل البلورة بحيث تتقاطع في مركز البلورة (مركز الثقل) وتعمل كخطوط ترجع إليها كلها أردنا وصف مواضع الأوجه البلورية (كل وجه لابد أن يقطع واحداً أو أكثر من هذه المحاور البلورية على مسافة معينة من المراكز) .

واتجاهات المحاور البلورية محددة على البلورة بواسطة العناصر التماثلية الموجودة ، إذ غالباً ما يكون محور التماثل محوراً بلورياً وخصوصاً بالنسبة للمحور البلوري الرأسي (c) الذي يمثل في غالبية الأحوال المحور الأكثر تماثلاً . ويتبع عن تقاطع المحاور البلورية ما يسمى بالتقاطع المحوري



شكل (٢٤)

axial cross ويرمز إلى وحدات

المحاور البلورية إذا كانت متساوية

بالرموز a, b, c. أما إذا كانت الوحدات

مختلفة الأطوال فإنه يرمز إليها بالرموز

a, b, c حيث a هو المحور الممتد من

الامام إلى الخلف (الاتجاه x) ، b

المحور الممتد من اليمين إلى اليسار

(الاتجاه y) ، c هو المحور الذي يمتد

رأسيا (الإتجاه ع) . وتفرق أطراف هذه المحاور بواسطة استعمال الاشارات الموجبة (+) والسالبة (-) . شكل (٢٤) .

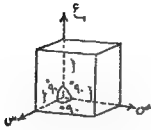
وينتج عن تقاطع هذه المحاور الثلاثة زوايا تعرف باسم الزوايا المحورية axial angles ، وهي زاوية ألفا [α] بين ب ، ج وزاوية بيتا [β] بين ا ، ح وزاوية جاما [γ] بين ا ، ب .

وعى أساس أطوال وحدات المحاور البلورية ، والزوايا بين هذه المحاور ، يمكننا التمييز بين الفصائل البلورية السبعة كما هو مبين جدول .

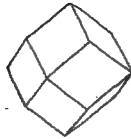
اسم الفصيلة:	الزوايا بين المحاور	طول الوحدة في الاتجاهات
	α β γ δ ϵ ζ	س ص (ط) ع
المكعب	90° 90° 90°	ا ا ا
السداسي	90° 90° 120°	ا ا ا
الرباعي	90° 90° 90°	ا ا ا
الثلاثي	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	ا ا ا
المعيني القائم	90° 90° 90°	ا ب ج
الميل الواحد	$90^\circ < 90^\circ$ 90° 90°	ا ب ج
الميل الثلاثة	$90^\circ < 90^\circ < 90^\circ$	ا ب ج

جدول (٣) الفصائل البلورية وخواصها

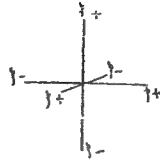
وتبين الاشكال (٢٥) إلى (٣١) ، المحاور البلورية المميزة لكل فصيلة بلورية ، ومثالا من بلورات المعادن التي تنتمي إلى هذه الفصيلة . والوحدة البنائية لهذه الفصيلة .



الوحدة البنائية

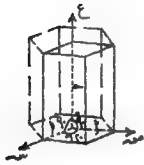


جارت



المحاور البلورية

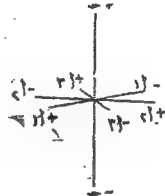
شكل (٢٥) فصيلة المكعب



الوحدة البنائية

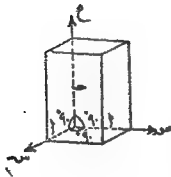


بيريت



المحاور البلورية

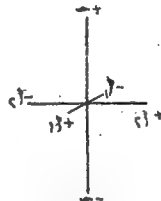
شكل (٢٦) فصيلة السداسي



الوحدة البنائية



زركون



المحاور البلورية

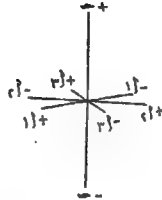
شكل (٢٧) فصيلة الرباعي



الوحدة البنائية

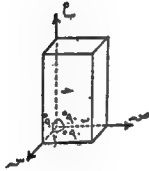


كالسيت



المحاور البلورية

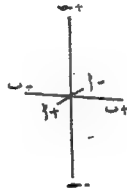
شكل (٢٨) فصيلة الثلاثي



الوحدة البنائية

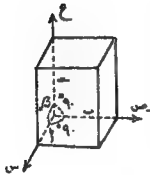


كبريت



محاور البلورية

شكل (٢٩) فصيلة الميقي قائم



الوحدة البنائية

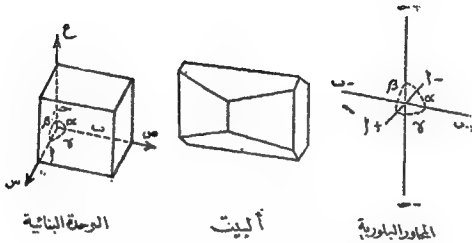


أرثوكليز



المحاور البلورية

شكل (٣٠) فصيلة الميل الواحد



شكل (٣١) فصيلة الميول الثلاثة

ويجدر بنا الإشارة في هذا المكان إلى أن المحور البلوري c هو دائماً محور سداسي التماثل في فصيلة السداسي، ورباعي التماثل في فصيلة الرباعي، وثلاثي التماثل في فصيلة الثلاثي. وتختلف فصيلة الثلاثي عن السداسي، بجانب الاختلافات السابقة، في أن فصيلة الثلاثي لا تحتوي بلوراتها على مستوى تماثل أفقي.

تعليقات بشأن اختيار المحاور البلورية : (في النظم السداسية التماثل)

فصيلة المكعب : المحاور الرباعية التماثل هي المحاور البلورية.

فصيلة السداسي : المحور السداسي التماثل هو المحور c . وأطول ثلاثة محاور ثنائية التماثل هي المحاور a ، a ، a .

فصيلة الرباعي : المحور الرباعي التماثل هو المحور c . وأطول محورين ثنائي التماثل هما المحوران a ، a .

فصيلة الثلاثي : المحور الثلاثي التماثل هو المحور c . وأطول ثلاثة محاور ثنائية التماثل هي المحاور a ، a ، a .

فصيلة المعيني القائم ، الثلاثة محاور الثنائية التماثل هي المحاور البلورية ، وفي المادة يختار c أطول من b ، b أطول من a .

فصيلة الميل الواحد : المحور الثنائي التماثل هو المحور b . يختار بعد ذلك المحور c موازياً لحروف أربعة أوجه متشابهة تماماً والتي تعتبر مكونة لشكل

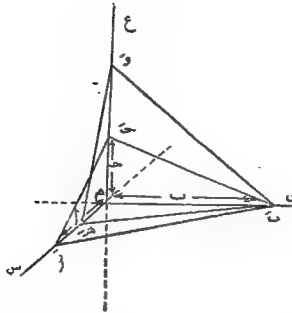
منشور *prism*، وبعد ذلك يختار المحور ١ موازياً للسطحين اللذين يقطعان أوجه المنشور بزواوية تقرب من القائمة

فصلية الميول الثلاثة : لمبحث عن ثلاثة أزواج من السطوح المتوازية والتي تقاطع مع بعضها بزوايا تقرب من القائمة والتي تحد الفراغ كعلبة كبريت مشوكة *distorted* ، وتختار المحاور البلورية موازية لهذه الأسطح (كل محور موازى لمجموعتين من هذه المجموعات الثلاث) (كل مجموعة تتكون من سطحين) غالباً يكون $\beta < \alpha$

الأوجه البلورية ، التقاطعات ، الإحداثيات ، الأدلة

Cryatal faces, Intercepts, Parameters, Indices

عندما نريد وصف الأوجه البلورية فإنه يكون لزاماً علينا أن نحدد مواضع هذه الأوجه بالنسبة للمحاور البلورية . فالذى يهمننا في الدراسات البلورية هو اتجاه ميل الوجه وليس شكله أو حجمه ، وبما سبق أن قلنا إنه ينتج من الإجهادات الثابتة للأوجه زوايا ثابتة مميزة . نعرف باسم الزوايا بين الوجبة ، فكذلك ينتج من اتجاه ميل وجه البلورة أن الوجه قد يقطع المحاور البلورية الثلاثة . أو يقطع محورين ويوازي الثالث ، أو يقطع محورا واحداً ويوازي الاثنين الآخرين . ويظهر كل تقاطع — بين الوجه والمحور البلورى — على مسافة معينة من مركز البلورة ، شكل (٣٢) . وتعرف هذه المسافة التي يمكن قياسها بالمليمترات أو الستيمترات إلخ باسم تقاطع الوجه *intercept* بالمحور البلورى . وعلى ذلك نجد أنه في البلورات الكبيرة يكون التقاطع أكبر منه في البلورات الصغيرة ، لأن قيمة التقاطع في هذه الحالة تتوقف على فرصة البلورة في النمو وعلى ذلك نجد أنه من المستحب ومن الأنفصل أن نلجأ إلى طريقة لوصف الأوجه البلورية لا تعتمد بالمرّة على حجم البلورة الذى توجد عليه فى الطبيعة . مثل هذه الطريقة موجودة ، وفيها لا تستعمل المسافة المطلقة من المركز إلى الوجه وإنما تستعمل المسافة النسبية *relative distance* التي تقاس بالنسبة إلى طول الوحدة على كل محور بلورى . هذا يعنى أننا لا بد أن نختار أولاً وجهاً بلورياً يقطع جميع المحاور الثلاثة ويحدد بذلك طول الوحدة على كل من هذه المحاور ، ويسمى هذا الوجه باسم وجه الوحدة *unit face* ، وبعد ذلك يمكننا أن نعرف عن



شكل (٣٢)

تقاطعات جميع الأوجه البلورية الأخرى في هيئة نسبة ratio إلى تقاطعات وجه الوحدة .

مثلا في بلورة لمعدن التوباز Topaz ، فلوروسيليكات الألومنيوم ، نجد أن تقاطعات وجه الوحدة، أ ب ح ، شكل (٣٢) ، هي ١٣٥٤ مم ، ٢٥٦٢ مم ، ٢٢٤٢ مم على المحاور ١ ، ب ، ح على التوالي. ولما كانت هذه الوحدات — مقياسا على هذا النحو بالمليخترات — تدل على الحجم ، وتتغير تبعاً لتغيره ، فإننا نتجنب استعمال مثل هذه الوحدات الحجمية . وذلك بأن نقسم كل قيمة من قيم هذه التقاطعات على قيمة التقاطع على المحور ب ، ويتضح عن ذلك تقاطعات نسبية (بالنسبة إلى ب) بدلا من التقاطعات المطلقة ، هكذا :

$$٠.٤٧٧ = \frac{١٢٤٢}{٢٥٦٢} ، ١.٠٠٠ = \frac{٢٥٦٢}{٢٥٦٢} ، ٠.٥٢٨ = \frac{١٣٥٤}{٢٥٦٢}$$

وعلى ذلك يمكننا تعريف التقاطعات النسبية relative intercepts بأنها عبارة عن التقاطعات الناتجة من قسمة كل تقاطع على ب . وفي المثال المذكور تكون التقاطعات النسبية هي ٠.٥٢٨ : ١ : ٠.٤٧٧ . ولما كانت هذه النسبة هي نسبة طول الوحدات على المحاور البلورية كما حددناها وجه الوحدة ،

فإنها تعرف أيضاً باسم النسبة المحورية axial ratio (أى نسبة ١ : ب . ح = ٠.٥٢٨ : ١ : ٠.٤٧٧) . وهى نسبة غير متساوية ، أى أن بلورة الثوباز تتبع إحدى الفصائل التالية : المعنى القائم ، أو الميل الواحد ، أو الميل الثلاثة . ولكن لما كانت الزوايا المحورية قائمة ، فالبلورة إذن تتبع فصيلة المعنى القائم . ونلاحظ في هذه الحالة أن المسافات السابق قياسها للتقاطعات (بالمليمترات) قد تفاديناها باستعمالنا للنسبة التى يكون فيها تقاطع ب يساوى دائماً ١ (واحد) (لأننا نقسم دائماً المسافات المطلقة على مسافة ب لتتبع هذه النسبة) .

أما إحداثيات الوجه البلورى (البارامترات) parameters فهى عبارة عن رموز تدل على التقاطعات النسبية لهذا الوجه مع المحاور البلورية ، أى نسبة التقاطعات النسبية لهذا الوجه إلى التقاطعات النسبية لوجه الوحدة .

$$\frac{\text{التقاطعات النسبية لهذا الوجه}}{\text{إحداثيات الوجه}} = \frac{\text{التقاطعات النسبية لوجه الوحدة}}{\text{التقاطعات النسبية لهذا الوجه}}$$

ولما كان وجه الوحدة قد اختير ليقطع المحاور البلورية عند أطوال الوحدة فإن إحداثياته تكون ١ : ب : ح (مفهوم أن الرقم ١ يسبق كلا من هذه الحروف لأننا لا نكتب ١ : ١ : ١ ب : ح) .

في شكل (٢٢) تقاطعات وجه الوحدة ab^c هى ١ : ب : ح . ولناخذ وجهاً آخر وليكن $h^b c^a$ و موجوداً على بلورة الثوباز أيضاً . هذا الوجه له التقاطعات الآتية : ٠.٦٧٦ : ٢.٥٦٢ : ٢.٥٦٢ مم ٢.٥٦٢ مم ٢.٥٦٢ مم ، ٢.٥٦٢ مم ٢.٥٦٢ مم ٢.٥٦٢ مم على المحاور ab^c على التوالي ، فإذا قسمنا هذه التقاطعات على تقاطع ب فإنه ينتج عن ذلك التقاطعات النسبية الآتية :

$$\frac{0.676}{2.562} : \frac{2.562}{2.562} : \frac{2.562}{2.562} ، \text{ أى } 0.264 : 1 : 0.954$$

ثم إذا قسمنا هذه الأرقام (التقاطعات النسبية للوجه) على التقاطعات النسبية لوجه الوحدة فإنه ينتج عندنا النسب الآتية :

$$0.264 = \frac{1}{3} : \frac{1}{1} : \frac{0.954}{0.477} = 2$$

الشكل البلورى ، وتستعمل عادة بدلا من الاحداثيات لتعبر عن علاقة الوجه أو الشكل البلورى (مجموعة أوجه متشابهة) بالمحاور البلورية. وهناك أكثر من نوع من الأدلة ، وسوف نستعمل في دراستنا البلورية أدلة Miller indices لأنها الأكثر استعمالا . ونفقد أدلة ميلر من إحداثيات الشكل البلورى بأن نأخذ مقلوب reciprocal الاحداثيات ثم نتخلص من الكسور إن وجدت .

فتجد أن كليل وجه الوحدة (إحداثياته ١ : ٠ : ٠) .

هو ١ : ١ : ١ ب : ١ ح أو (١ ١ ١) ، سواء أكانت البلورة مكعبا أم ميلر ثلاثة : وسواء أكانت التقاطعات التى يعملها الوجه على المحاور متساوية أم غير متساوية .

وفى البلورة السابق التحدث عنها ، وهى بلورة التوباز نجد أن :

إحداثيات الوجه هـ ب و هى ١ : ١ : ٢ ح

الدليل (مقلوب الإحداثيات) هو ١ : ١ : ٢ ب : ١ ح

ويعطى التخلص من الكسور ١ : ٢ : ١ ب : ح

وعلى ذلك يكون دليل هذا الوجه والشكل التابع له هو ١ : ٢ : ١ ب : ح ،

وعادة تحذف الحروف الدالة على المحاور البلورية المختلفة ، ويكتب الدليل مبسطا

مكننا ١٢٤ ، وينطق أربعة إثنين واحد ، ويكون دائما بالترتيب ا ثم ب ثم ح .

والتعبير العام لدليل أى شكل بلورى هو (هـ ل ل) مع ملاحظة أن هـ تشير

دائما إلى المحور س (الوحدة ١) ، ل تشير إلى المحور ص (الوحدة ب) ، ل

تشير إلى المحور ع (الوحدة ح) . وتبين لنا الامثلة التالية العلاقات بين

الاحداثيات والأدلة :

الاحداثيات	-	الأدلة
١ : ١ : ١ ب : ح	=	١ : ١ : ١ ب : ح
١ : ١ : ٢ ب : ح	=	١ : ١ : ٢ ب : ح
١ : ١ : ٢ ب : ح	=	١ : ١ : ٢ ب : ح

ويتضح من هذه الامثلة أن الأدلة عبارة عن أعداد صحيحة ، وعادة صغيرة ،

كما أن النسب بين تقاطعات الأوجه المختلفة على المحور الواحد فى البلورة لاسب

عددية بسيطة . أى كسبة ١ : ٢ : ٣ . ولكن لا يمكن أن تكون ١ :

٢٧. وتعرف هذه العلاقة بإسم قانون الأدلة النسبية Law of rational indices والسبب في هذا التحديد هو الترتيب والنظام في بناء البلورة . فكما أن الواجهة البلورية تعتمد اعتماداً مباشراً على ترتيب الذرات داخل بناء البلورة ، فكذلك يتكون مواضعها الممكنة على البلورة محددة تماماً . وعليه فإن تقاطعات أى وجه على المحاور البلورية يمكن التعبير عنها بواسطة مضاعفات عددية بسيطة rational multiples لطول الوحدات المحورية الأساسية (أى ثلاثة أمثال ، أو أربعة أمثال ، أو نصف ، إلخ ، ولكن لا يمكن أن تكون $\frac{1}{2}$ ، لان قيمة الجذر غير ثابتة ، فقد تساوى $\frac{1}{2}$ ، أو $\frac{1}{4}$ ، أو $\frac{1}{8}$ ، وهذا يتنافى مع البناء المنظم للبلورة وثبات المسافات بين الذرات في أى اتجاه) . وفي فصلتي الثلاثى والسداسى ، التى بلورتها ٣ محاور بلورية . يتحول التعبير العام إلى (هـ ل و ل) وفيه تشير إلى الطرف السالب للمحور ط (الوحدة ط) وتساوى قيمة و قيمة هـ + ل أى أن و = هـ + ل .

الشكل البلورى : Crystal form

ويتكون من مجموعة الأوجه البلورية المتشابهة (شكلاً وحجماً) الموجودة على نموذج البلورة . فمثلاً البلورة الميئية في شكل (٣٣) يوجد بها شكل بلورى واحد فقط ، أما البلورة الميئية في شكل (٣٤) فيوجد بها شكلان بلوريان . أما على البلورة الطبيعية (حيث الواجهة مشوهة) فيتكون الشكل البلورى من جميع الواجهه البلورية التى لها رمز واحد single symbol (مجموعة الإحداثيات أو الدليل) ، وفي هذه الحالة يجب أن تدخل عناصر التماثل فى اعتبارنا . أو بعبارة أخرى يتكون الشكل البلورى من مجموعة الواجهه التى يستلزم وجودها عناصر التماثل فى البلورة وذلك إذا وجد على البلورة وجه واحد من هذه الواجهه ، فمثلاً فى بعض الفصائل البلورية ذات التماثل العالى نجد أن (١١١) ، ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) يتبعان شكلاً بلورياً واحداً ، وفى فصائل أخرى ذات تماثل منخفض نجد أن (١١١) ، ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) لا يتبعان شكلاً بلورياً واحداً . ولكن يتبعان شكلين مستقلين . والسبب فى ذلك أنه فى الحالة الأولى يوجد مستوى تماثل أفقى يمسك الوجه (١١١) إلى ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) ، أما فى الحالة الثانية فلا يوجد مستوى تماثل أفقى وبذلك لا يرتبط الوجه (١١١) بالوجه ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) بأية رباط ، ويتبع الوجهان شكلين إثنين .

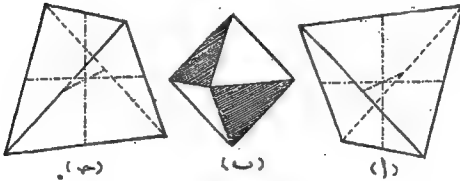
رمز الشكل Form symbol :

وهو عبارة عن دليل indices أحد أوجه الشكل البلورى الذى له أبسط علاقة مع المحاور البلورية . ويكتب رمز الوجه بين قوسين صغيرين هكذا - () مثل (٢٢١) ، أما رمز الشكل فيكتب بين قوسين كبيرين هكذا { }

مثل { ٢٢١ }

الشكل الكامل الأوجه holohedral form : هو المجموعة الكاملة لجميع الأوجه الممكنة على البلورة التى لها نفس الأحاديات واتى لها أوضاع هندسية متشابهة بالنسبة للمحاور البلورية ، شكل (٣٥ - ب) .

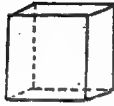
أما شكل نصف الأوجه hemihedral form فيتكون من نصف الأوجه التى يتطلبها التماثل التام ، ويشق من الشكل الكامل بأن تترك الأوجه المتبادلة alternate faces . شكل (٣٥ - ١ ، ح) .



(شكل ٣٥)

الشكل المفتوح open form : هو الشكل البلورى الذى لا تقفل الأوجه . للمكونة له الفراغ بمفردها ، ومن أمثله الأوجه الأربعة لشكل المنشور ، شكل (٣٦) .

أما الشكل المغلق closed form : فهو الشكل البلورى الذى تقفل الأوجه المكونة له الفراغ بمفردها . ومن أمثله الأوجه الستة المكونة لشكل المكعب ، شكل (٣٧) .



شكل (٣٧)



شكل (٣٦)

مجموعات الأشكال : Combinations of forms

في كثير من الحالات نجد أن الأوجه التي تظهر على البلورة لا تنتمي إلى شكل بلورى واحد ؛ بل إلى عدة أشكال ، شكل (٣٤) . أى أن هذه الأشكال تكون مرة واحدة على البلورة ، وفي هذه الحالة ينتج ما يعرف بأسم مجموعات الأشكال .

فصيلة المكعب أو متساوى الطول

Cubic or Isometric System

المحاور البلورية

تشمل هذه الفصيلة جميع البلورات التي لها ثلاثة محاور بلورية متساوية ومتعامدة .

تمسك البلورة بحيث يكون أحد المحاور الثلاثة عمودياً والثاني يمتد من اليمين إلى اليسار والثالث يمتد من الأمام إلى الخلف . ولما كانت هذه المحاور الثلاثة متساوية في طول وحدتها ومتعامدة فإنه لا يمكن تمييز إحداها عن الآخر ، ولذلك يرمز لها جميعاً بالرمز a ، شكل (٣٨) .



شكل (٣٨)

وتتضمن فصيلة المكعب خمسة نظم بلورية ، موضحة في جدول (٤) .

النظام	قانون التماثل الكامل	مثال من المعادن
سداسي الثنائي الأوجه	$\frac{24}{3} = 8$	فلوريت CaF_2
الأربعة وعشرون وجهاً	$\frac{24}{2} = 12$	—
سداسي الرباعي الأوجه	$\frac{24}{4} = 6$	سفاليريت ZnS
الاثنا عشر وجهاً مزدوجاً	$\frac{24}{6} = 4$	بيريت FeS_2
رباعي الأوجه ذو الاثني عشر وجهاً	$\frac{24}{12} = 2$	كوبالتيث CoAsS

جدول (٤) : النظم البلورية في فصيلة المكعب

النظام المعادي أو سداسي الثنائي الأوجه

Normal or Hexoctahedral Class

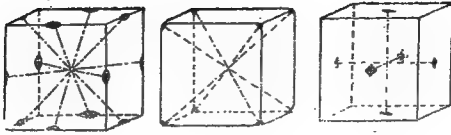
التماثل :

$$\text{قانون التماثل الكامل : } \frac{24}{3} = 8$$

(٤٠). (٤١) بيانها كالآتي :
المحاور التماثلية : لبلورات هذا النظام ١٣ محوراً تماثلياً . أشكال (٣٩) ،

ثلاثة محاور رباعية التماثل وهذه تنطبق على المحاور البلورية ، شكل (٣٩) .
أربعة محاور ثلاثية التماثل وهذه تميل على المحاور البلورية ، شكل (٤٠) .
سنة محاور ثنائية التماثل موجودة في المستويات التماثلية المحورية (المستويات التي تشمل المحاور البلورية) ومتصفة للزوايا التي بين المحاور البلورية ، شكل (٤١) .

المستويات التماثلية : توجد في هذا النظام تسعة مستويات تماثلية . ثلاثة منها موازية لمستويات المحاور البلورية وبالتالي تكون متعامدة على هذه المحاور ، شكل (٤٢) . هذه هي المستويات التماثلية المحورية ، وهي تقسم الفراغ إلى

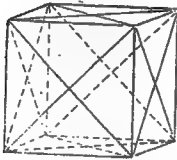


شكل (٤١)

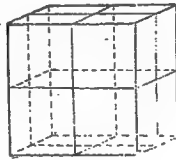
شكل (٤٠)

شكل (٣٩)

ثمانية أجزاء متساوية يعرف كل جزء منها بالثمان. أما المستويات الستة الأخرى فإن كلا منها يوجد موازياً لأحد المحاور البلورية ومنصفاً للزاوية التي بين المحاور الأخرى ، شكل (٤٣) ، وعلى ذلك فهي تقسم الفراغ إلى ٢٤ جزءاً متساوياً ، وتقسّم المستويات الثمانية التسعة متكاملة الفراغ إلى ٤٨ جزءاً متساوياً .



شكل (٤٣)



شكل (٤٢)

مركز الثماني : يوجد في هذا النظام مركز ثماني ، وينتج عن ذلك أن يكون لكل وجه بلوري وجه مقابل موازى له .

الاشكال البلورية :

تسمى الاشكال المكعبة بأسماء خاصة حسب عدد الأوجه التي تتكون كل شكل .

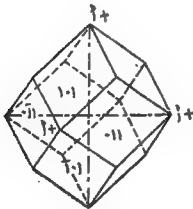
ثمانى الأوجم : Octahedron ، شكل (٤٤) : يتكون هذا الشكل البلوري

- كما يدل عليه اسمه - من ثمانية أوجه ، كل وجه يميل ميلاً متساوياً على المحاور

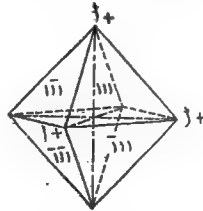
البلورية الثلاثة . وعلى ذلك تكون إحدائياته هي ١ : ١ : ١ والدليل $\{111\}$.
وكل وجه عبارة عن مثلث متساوي الاضلاع .

الاسم عشر وجهها Rhombic dodecahedron ، شكل (٤٥) :
يشكون من اثني عشر وجهاً ، يقطع كل وجه اثنين من المحاور البلورية على نفس المسافة ، ويمتد موازياً للمحور الثالث . وعلى ذلك تكون الاحداثيات ١ : ١ : ١ ، والدليل هو $\{111\}$. وعندما يكون هذا الشكل نموذجياً نجد أن كل وجه عبارة عن معين متساوي الاضلاع rhombus ؛ وتمر المحاور البلورية بالزوايا المكونة من أربعة أوجه ، أما المحاور الثلاثة التماثل فتصير بالزوايا الناتجة من تقابل ثلاثة أوجه ، وتصل المحاور ثمانية التماثل بين مراكز الأوجه المتقابلة .

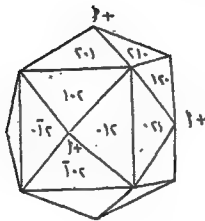
سراسر الأوجه أو المكعب : Hexahedron or Cube ، شكل (٤٦) :
تقطع أوجه هذا الشكل محوراً بلورياً واحداً وتوازي المحورين الآخرين ، وعلى ذلك تكون الاحداثيات ١ : ١ : ١ والدليل هو $\{100\}$. ويكون شكل الوجه على بلورة نموذجية مربعاً حيث تمر المحاور البلورية بمراكز هذه الأوجه أما المحاور الثلاثة التماثل فإنها تصل الزوايا الناتجة من تقابل ثلاثة أوجه ، وتنتصف المحاور ثمانية التماثل الاثني عشر حرفاً edge بين هذه الأوجه ، حيث يصل كل محور بين منتصف حرفين .



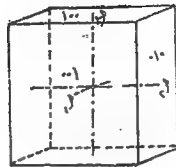
شكل (٤٥)



شكل (٤٤)

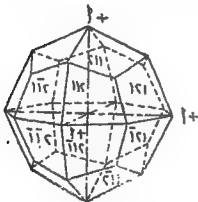


شكل (٤٧)

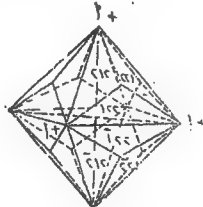


شكل (٤٦)

متوازي السطوح الثماني الوجوه Trisoctahedron ، شكل (٤٨) تقطع أوجه هذا الشكل اثنين من المحاور البلورية على مسافتين متساويتين . أما تقاطع المحور الثالث فعلى مسافة أطول ، وتكون الاحداثيات إذن ١ : ١ : ١ : م حيث م عبارة عن عدد نسبي rational أكبر من الواحد ولكن أقل من مالا نهاية



(٤٩)



شكل (٤٨)

$(\infty > m > 1)$. ويتبع عن ذلك أن يكون الدليل $\{h\}$ هو h حيث $h < \infty$ مثل $\{1, 2, 3\}$ ويتكون الشكل من أربعة وعشرين وجهاً ، كل وجه منها عبارة عن مثلث متساوي الساقين .

الأربعة وعشرون وجهاً : (شبة المتحرف المكعبى) Icositetrahedron

شكل (٤٩) : يتكون هذا الشكل من أربعة وعشرين وجهاً، كل وجه عبارة عن شبه منحرف Trapezoid يقطع أحد المحاور البلورية على مسافة تساوى الوحدة ويقطع المحورين الآخرين على مسافتين متساويتين أكبر من الوحدة m ، حيث $\infty > m > 1$ ، الاحداثيات هي $1 : m : m : 1$ ، والدليل هو $\{hkl\}$ حيث $h < l$ مثل $\{112\}$ وتصل المحاور البلورية بين الزوايا المكونة من ثلاثة أوجه، أما المحاور ثنائية التماثل فإنها تميل بين المحاور البلورية.

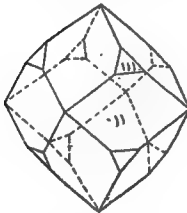
رباعي السرايسى Tetrahedron شكل (٤٧) : نجد في هذا الشكل البلورى أن كل وجه يقطع محوراً بلورياً على مسافة تساوى الوحدة، والثاني على مسافة أكبر مقدارها m حيث $\infty > m > 1$ ، ويوازي المحور الثالث. وتكون الاحداثيات إذن $1 : m : m : 1$ ، والدليل هو $\{hkl\}$ مثل $\{012\}$. ويتكون الشكل من أربعة وعشرين وجهاً، موزعة بحيث تحمل كل أربعة أوجه محل وجه في شكل سداسى الأوجه، ويكون كل وجه منها عبارة عن مثلث متساوى الساقين. وتصل المحاور البلورية في هذا الشكل بين الزوايا الست الناتجة من تلاقى أربعة أوجه لكل منها، بينما تصل للمحاور الثلاثة التماثل بين الزوايا المكونة من ستة أوجه، أما المحاور ثنائية التماثل فإنها تنصف الأحراف الطويلة.

سراسى الثمانيى Octahedron شكل (٥٠) يتكون هذا الشكل من ٨ وجهاً، كل ستة أوجه تكونت مسكان وجه من أوجه شكل الثماني الأوجه، ويقطع كل وجه أحد المحاور البلورية على مسافة مقدارها الوحدة، والمحورين الآخرين على مسافتين غير متساويتين n ، m على التوالي، بحيث n أصغر من m ، وحيث $\infty > m > 1$ ، إذن الاحداثيات هي $(1 : n : m : 1)$ والدليل هو $\{hkl\}$ حيث $h < k < l$ مثل $\{123\}$ أو $\{135\}$. وتصل المحاور البلورية بالزوايا الست الناتجة من تلاقى ثمانية أوجه. وكل وجه في هذا الشكل عبارة عن مثلث غير متساوى الاضلاع.

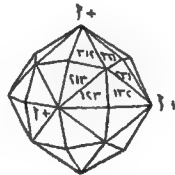
: Combinations of forms المجموعات الاشكال

في كثير من الاحوال توجد الاشكال البسيطة سالفة الذكر مجتمعة مع بعضها البعض على البلورة الواحدة ، فقد يجتمع شكلان أو ثلاثة أو أربعة أو أكثر من ذلك على البلورة الواحدة ، ونتيجة لهذا التجمع قد يختلف شكل الوجه في المجموعة عنه إذا كان منفرداً ، ومن أمثلة مجموعات الاشكال في هذا النظام ما يلي :

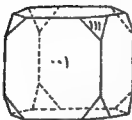
- ثمانى الارجح والاثنا عشر وجهاً معينا ، شكل (٥١) .
- ثمانى الارجح والمكعب ، شكل (٥٢) ، (٥٣) ، (٥٤) .
- مكعب ورباعي السداسى الارجح ، شكل (٥٥) .
- ثمانى الارجح والاثنا عشر وجهاً معيناً والمكعب ، شكل (٥٦) .
- الاثنا عشر وجهاً معيناً والأربعة وعشرون وجهاً منحرفاً ، شكل (٥٧) .
- الاثنا عشر وجهاً معيناً وثلاثى الثمانى الارجح ، شكل (٥٨) .



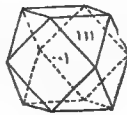
شكل (٥١)



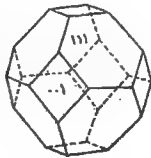
شكل (٥٠)



شكل (٥٤)



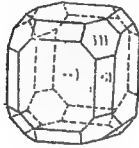
شكل (٥٣)



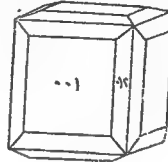
شكل (٥٢)

أمثلة من المعادن

ماجنتيت (Fe_3O_4) شكل (٥١) ؛ فرانكلينيت $Franklinite$
جالينا $(Zn, Mn)(Fe_2O_3)$ ؛ جالينا (PbS) شكل (٥٢) ، (٥٣) ، (٥٤) ؛

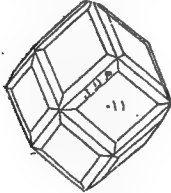


شكل (٥١)

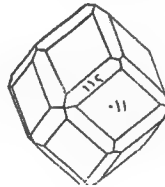


شكل (٥٥)

فلوريت (CaF_2) هاليت ؛ هاليت $(NaCl)$ شكل (٥٤) ؛ جارنت
 $(Fe_3Al_2Si_2O_{13})$ شكل (٥٧) ، (٥٨) ؛ يورانينيت (UO_2) ؛



شكل (٥٨)



شكل (٥٧)

التحاس (Cu) ؛ أرجنتيت $Argentite (Ag_2S)$ ؛ أنالسيت $Analcite$
 $(NaAlSi_3O_8 \cdot H_2O)$ ؛ لوسيت $Leucite (KAlSi_3O_8)$. ويلاحظ بصفة عامة
أن شكل المكعب يغلب تواجد على بلورات الهاليت والفلوريت بينما يغلب شكل
ثماني الأوجه على بلورات الماجنتيت والفرانكلينيت. أما أشكال الأتى عشر وجها
معينا فيغلب تواجد على بلورات الجارنت، بينما يغلب وجود شكل الأربعة
وعشرون وجها منفرفاً على بلورات اللوسيت والأنالسيت والجارنت.

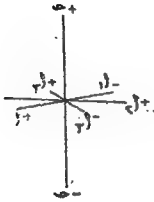
مميزات البلورات المسكينية

تتميز البلورات المسكينية غير المشوهة بقاوى أبعادها فى اتجاهات ثلاثة متعامدة على بعضها البعض ، وهذه الاتجاهات الثلاثة هى المحاور البلورية . وكذلك تتميز البلورات المسكينية جميعها بوجود أربعة محاور ثلاثية التماثل . وتظهر البلورات عموماً أوجهاً مربعة الشكل أو مثلثات متساوية . كما تتميز البلورات بعدد كبير من الأوجه المتشابهة إذ أن أقل عدد من الأوجه يتبع شكلاً واحداً هو ستة فى نظام سداسى الثمانى الأوجه . وكل شكل بلورى يمكن أن يكون بلورة مفردة ، أى أنه عبارة عن شكل مقفول .

فصيلة السداسى

Hexagonal System

المحاور البلورية



شكل (٥٩)

تشمل هذه الفصيلة جميع البلورات التى لها أربعة محاور بلورية ثلاثة منها متساوية فى الطول وتقع فى مستوى أفقى وتتقاطع بزوايا قدرها ١٢٠° . أما المحور الرابع ف يختلف عنها فى الطول (إما أن يكون أطول أو أقصر) ويمتد رأسياً أى متعامداً على المحاور الأفقية) ويرمز لى المحاور الأفقية بالرموز a_1, a_2, a_3 . أما المحور الرأسى فهو المحور z ، شكل (٥٩) .

ولما كانت فصيلة الثلاثى لها نفس العدد من المحاور البلورية ، فإن بعض المؤلفين يضم البلورات الثلاثية والسداسية فى فصيلة واحدة هى فصيلة السداسى ، ولكن نظراً للفارق الأساسى فى البناء الذرى ، وهو أن المحور الأساسى للثلاثى هو سداسى فى بلورات السداسى وثلاثى فى بلورات الثلاثى وأن بلورات الثلاثى لا تحتوى على مستوى تماثل أفقى بالمرّة ، فإننا نجد أنه من الأكثر صواباً أن

ندرس البلورات السداسية كفضيلة بذاتها ، مستقلة عن فصيلة الثلاثي التي تشمل البلورات الثلاثية .

وتعرف نسبة طول الوحدات على المحور ح إلى بالنسبة المحورية ح : ا ، وهي مميزة لكل بلورة سداسية . فمثلا بلورة معدن بيرل Beryl لها نسبة محورية ح : ا = ١ : ٠.٩٩٦ ؛ أما في معدن بيروكيت Pyrrhotite فنجد أن النسبة المحورية ح : ا = ١ : ٠.٦٥٠ .

وتتملك البلورة السداسية بحيث يكون المحور الرابع ح دائما محورا سداسي القمائل (دوراني أو انقلابي) . ويمتد المحور ا موازيا لمسك البلورة من اليمين (+) إلى اليسار (-) . أما المحور ا فيمتد من الأمام ناحية اليسار (+) إلى الخلف ناحية اليمين (-) . أما الطرف الموجب من المحور ا فيقع في الخلف إلى اليسار بينما طرفه السالب يقع في الأمام إلى اليمين ، شكل (٥٩) .

وتشمل فصيلة السداسي سبعة نظم بلورية ، هي كما يلي ، جدول (٥) :

النظام	قانون القمائل الكامل	مثال من المعدن
المهرم المنعكس السداسي المزدوج	$\frac{6}{2}$ ٦	بيريل $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{20}$
شبه منصرف الأوجه السداسي	$\frac{6}{2}$ ٦	كوارتز على الحرارة
المهرم المنعكس الثلاثي المزدوج	$\frac{6}{2}$ ٦	بليثويت $\text{BaTiSi}_3\text{O}_{10}$
المهرم السداسي المزدوج	$\frac{6}{2}$ ٦	زنكيت ZnO
المهرم للمنعكس السداسي	$\frac{6}{2}$ ٦	أباتيت
المهرم المنعكس الثلاثي	$\frac{6}{2}$ ٦	-
المهرم السداسي	٦	فيثيلين

جدول رقم (٥) النظام البلورية في فصيلة السداسي

النظام العاوى أو نظام الهرم المنعكس السداسى المزدوج

Dihexagonal Bipyramidal Class

التماثل :

قانون التماثل الكامل : $\frac{2}{2} \frac{2}{2} \frac{2}{2} \frac{2}{2}$ ن . شكل (٦٠) .

المحاور التماثلية : المحور ح هو محور سداسى التماثل . وتوجد ثلاثة محاور أفقية ثنائية التماثل تنطبق على المحاور البلورية ا . وكذلك توجد ثلاثة محاور أخرى ثنائية التماثل تصف الوابا بين المحاور البلورية ا ، ب ، ج ، شكل (٦٠)



شكل (٦٠)

المحاور التماثلية : يوجد فى هذا النظام سبعة مستويات تماثلية يانها كالآتى، شكل (٦٠) :

- مستوى تماثل أفقى يشمل المحاور البلورية . ثلاثة مستويات تماثلية رأسية تشمل كل منها المحور الرأسى ح واحد المحاور البلورية الأفقية، ثلاثة مستويات تماثلية رأسية تصف الوابا بين المستويات الرأسية السابقة (المستويات التماثلية المحورية) .

مركز التماثل : يوجد مركز تماثل فى بلورات هذا النظام ويتطلب ذلك أن يكون لكل وجه آخر مقابل له .

الأشكال البلورية

ملاحظة : سوف نستخدم كلمة مزدوج di ، مثل سداسى مزدوج dihexagonal ، لوصف الأشكال التى تتكرر أوجها اثنين اثنين حول المحور التماثل ، أما الأشكال التى تتكرر أوجها بالنسبة للمستوى التماثل فسوف نسميها

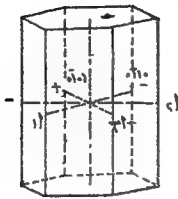
بكلمة منعكس bi ، مثل هرم منعكس bipyramid ، فبإشارة إلى الانعكاس خلال مستوى التماثل الأفقي .

الأهرامات المنعكسة Bipyramids وهذه عبارة عن أشكال مقفولة تقطع أوجها المحور ح بصفة أساسية وبعضاً أو كل المحاور الأفقية . توجد ثلاثة أنواع من الأهرامات المنعكسة السداسية .

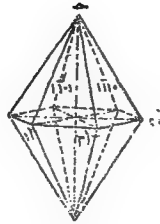
هرم منعكس سداسي من الرتبة الأولى (أو هرم منعكس وترى) شكل (٦١)
Hexagonal bipyramid of the first order (Chord bipyramid)
يتكون هذا الشكل من ١٢ وجهاً لها الأحداثيات (١ : ١٠٠ : ١ : ٠) ، أو بمعنى آخر تقطع محورين متجاورين (١) (تصل بينهما مثل الوتر) شكل (٦٥) وتمتد موازية للمحور الأفقي الثالث وتقطع المحور الرأسى . فإذا كان التقاطع على المحور ح مساوياً لطول الوحدة فإن الدليل يكون في هذه { ١ - ١ } وهذا هو هرم الوحدة unit bipyramid . أما الدليل العام لهذا الشكل فهو { ١ - ١ : ١ : ١ } .

هرم منعكس سداسي من الرتبة الثانية (أو هرم منعكس متعامد) شكل (٦٢)
Hexagonal bipyramid of the second order (Normal bipyramid)

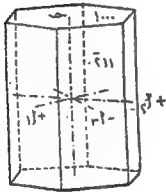
يختلف هذا الشكل عن الهرم المنعكس السداسي من الرتبة الأولى في أنه عندما تمسك البلورة في القراءة الصحيحة (المحور ا دائماً موازى لماسك البلورة) فإنه يوجد في مواجتهك حرف وليس وجه بلورى ، وهذا يعنى أن المحاور البلورية الأفقية عمودية ومنصفة للأحرف الأفقية (ويسمى لهذا السبب بالهرم المنعكس المتعامد) شكل (٦٦) ، ونجد ، كما في شكل (٦٦) ، أن كل وجه بلورى في هذا الشكل يقطع أحد المحاور البلورية الأفقية في مسافة الوحدة ويقطع المحورين الآخرين على مسافتين أطول ، ولكن متساويتين ، وتكون الأحداثيات إذن (١ : ١ : ١ : ٠ : ١ : ٠) والدليل هو { ١ : ١ : ١ : ٠ : ١ : ٠ } ، ويتكون هذا الشكل من ١٢ وجهاً في هيئة مثلثات متساوية الساقين تقفل الفراغ .



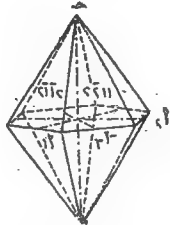
شکل (۶۲)



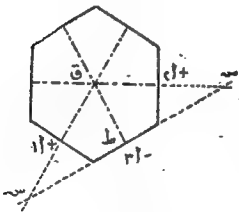
شکل (۶۱)



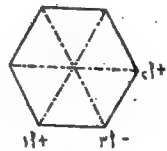
شکل (۶۴)



شکل (۶۳)

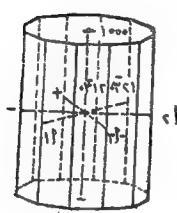


شکل (۶۶)

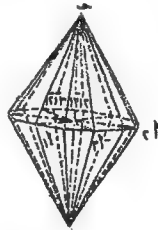


شکل (۶۵)

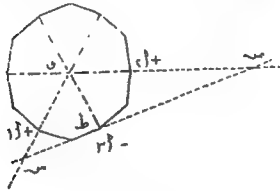
هرم منعكس سداسى مزدوج Dibexagonal bipyramid . شكل (٦٧) :
تقطع أوجه هذا الشكل المحاور الأفقية الثلاثة ١٠ ، ١١ ، ١٢ فى مسافات غير
متساوية ، وتكون الإحداثيات إذن هى (١٠ : ١١ : ١٢ : ١٣ : ١٤ : ١٥) ، شكل (٦٩)
والدليل هو (هـ ك و ل) . ويتكون هذا الشكل من ٢٤ وجهاً ، كل وجه منها
فى الحالة النموذجية يكون فى هيئة مثلث غير متساوى الأضلاع ، ولكن المثلثات
كلها متشابهة . فى إحداثيات هذا الشكل نجد أن $\frac{١٠}{١١} = \frac{١٢}{١٣}$



شكل (٦٨)



شكل (٦٧)



شكل (٦٩)

المشورات Prisms . وهذه عبارة عن أشكال مفتوحة يوازي الوجه فيها
المحور ح ويقطع بعض أو كل المحاور الأفقية ١٠ ، ١١ ، ١٢ . وهناك ثلاثة أنواع
من المشورات تقابل الأنواع الثلاثة من الأهرامات سالفة الذكر .
مشور سداسى من الرتبة الأولى (مشور سداسى ونرى) شكل (٦٢) .

Hexagonal prism of the first order (Chord prism)

يمكن الحصول على أوجه هذا الشكل من أوجه الهرم المنعكس الذى له نفس الرتبة (الاولى فى هذه الحالة) إذا جعلنا التقاطعات على المحور \propto تأخذ أكبر قيمة لها، أى قيمة مالا نهاية. وينتج عن ذلك أن تختل أوجه الهرم المنعكس الاثنتا عشر إلى ستة أوجه فقط، يقطع كل وجه منها محورين أفقيين فى مسافة تساوى الوحدة ويمتد موازياً للمحور الأفقى الثالث α ، ويوازي المحور \propto (المنشور بحكم تعريفه يوازي المحور \propto). ويكون هذا المنشور شكلاً مفتوحاً وفيه تصل المحاور الأفقية α بين منتصف الحروف المتقابلة، وينتج عن ذلك أن يكون فى مواجهة ماسك البلورة وجهاً بلورياً. الاحداثيات (1:1:1:1:1:1) والدليل {0.1.1}

منشور سداسى من الرتبة الثانية (منشور سداسى متعامد) شكل (٦٤).

Hexagonal Prism of the second order (Normal Prism)

تجد فى هذا الشكل البلورى أن المحاور البلورية الأفقية α ، β ، γ تصل بين مراكز الأوجه المتقابلة، ويكون فى مواجهة ماسك البلورة نتيجة لذلك حرفاً. الاحداثيات هى (1:1:1:1:1:1) والدليل هو {0.1.1}.

يتكون هذا الشكل من ستة أوجه لا تقفل الفراغ (شكل مفتوح).

منشور سداسى مزدوج Dihexagonal Prism. شكل (٦٨) شكل مفتوح

يتكون من ١٢ وجهاً يتساوى كل وجهين متبادلين فيه (أى واحد بعد واحد) فى

الزوايا والحروف. الاحداثيات (1:1:1:1:1:1) والدليل هو (هـ ك و).

ويقابل هذا الشكل الهرم المنعكس السداسى المزدوج.

المسطوح القاعدى Basal Pinacoid: وهو عبارة عن شكل مفتوح مكون

من وجهين، كل وجه يقطع المحور \propto ويوازي المحاور الأفقية α . الاحداثيات

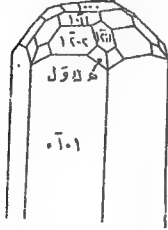
(1:1:1:1:1:1) والدليل هو {1.0.0}. يرى المسطوح القاعدى فى

الاشكال (٦٢)، (٦٤)، (٦٨) مجموعاً مع المنشورات.

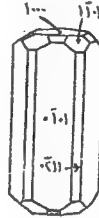
بمجموعات ارتباط:

توجد على بعض البلورات مجموعة من الاشكال البلورية المختلفة، فمثلاً فى بلورة

بيريل Beryl ، شكل (٧٠) ، توجد مجموعة من هرم منعكس سداسى من الرتبة الاولى وآخر من الرتبة الثانية ، و منشور سداسى من الرتبة الاولى وآخر من الرتبة الثانية ، ومسطوح قاعدى . وفي شكل (٧١) نلاحظ مجموعة أخرى من الأشكال على بلورة أخرى لمعدن البيريل .



شكل (٧١)



شكل (٧٠)

أشعة من المواد: يتبلور معدن بيريل Beryl $(\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18})$ شكل (٧٠) ، (٧١) في هذا النظام الكامل التماثل . كذلك يتبلور في هذا النظام معادن موليبدنيت Molybdenite (MoS_2) ، بيرويت Pyrrhotite (FeS) .

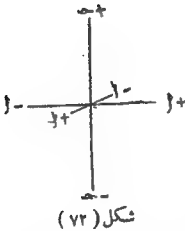
مميزات البلورات السداسية :

تتميز جميع البلورات السداسية غير المشوهة في النظام كامل التماثل وفي معظم النظم الأقل تماثلاً بالماظهر السداسى حيث يكون المحور الرأسى محوراً دورانيا سداسى التماثل . ولكن في نظامين فقط قد تبدو البلورات ثلاثية المظهر حيث يكون المحور الرأسى محوراً إقليدياً سداسى التماثل ، وفي هذين النظامين يكون هناك دائماً مستوى تماثل أفقى يعكس (أو يكرر) الأشكال البلورية العليا إلى أشكال بلورية سفلى (في النصف الاسفل للبلورة) [المعروف أن المحور الانقلابى السداسى يعادل محور دورانى ثلاثى متعامد على مستوى تماثل] . كما تتميز البلورات بأن أوجه الأشكال البلورية (باستثناء المسطوح القاعدى) تتكون عموماً من ستة أوجه أو مضاعفات العدد ستة .

فصيلة الرباعي

Tetragonal System

المحاور البلورية :



تضمّن هذه الفصيلة جميع البلورات التي لها ثلاثة محاور بلورية متعامدة، إثنين منها متساويان في الطول ويقعان في مستوى أفقى والثالث مختلف عنهما في الطول (إما أقصر أو أطول) وعمودى عليهما . ويرمز إلى المحاور المتساويين بالرمز a ، a ، أما المحور الرأسى فيرمز إليه بالرمز c ، شكل (٧٢).

وتعرف نسبة طول الوحدة على المحور c إلى طول الوحدة على المحور a بالنسبة المحورية $c : a$ وهى مميزة لكل بلورة رباعية . فمثلا بلورة معدن كاسيتريت (SnO_2) Cassiterite لها نسبة محورية $c : a = 1 : 0.972$ (أى c أقصر من a) وفى الزرقون (ZrSiO_4) Zircon $c : a = 1 : 0.899$. أما فى معدن أناتيز (TiO_2) Anatase فنجد أن نسبة $c : a = 1 : 1.777$ (أى c أطول من a) . وتمسك البلورة الرباعية بحيث يكون المحور الرأسى c دائماً محور رباعى . التناظر (دوانى أو انقلابى) .

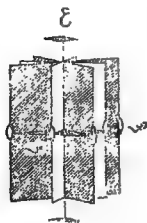
وتضمّن فصيلة الرباعى سبعة نظم بلورية (مثل فصيلة السداسى) ، كما يلي :
جدول (٦) .

النظام	قانون التماثل الكامل	مثال من المادن
المهرم للنمكس الرباعي	$\frac{4}{m} \quad \frac{2}{n}$	الزرقون $ZrSiO_4$
شبه منحرف الأوجة الرباعي	$\frac{4}{m} \quad \frac{2}{n} \quad \frac{2}{p}$	فوسجينيت $(PbO)_2CCl_2O$
الوتد للنمكس الرباعي	$\frac{4}{m} \quad \frac{2}{n} \quad \frac{2}{p}$	كالكويريت $CuFeS_2$
المهرم الرباعي المزدوج	$\frac{4}{m} \quad \frac{2}{n} \quad \frac{2}{p}$	ديابوليت
المهرم للنمكس الرباعي	$\frac{4}{m} \quad \frac{2}{n}$	شيليت $Pb_3CuCl_2(OH)_4$ $CaWO_4$
الوتد الرباعي	$\frac{4}{m}$	كاهنيت
المهرم الرباعي	$\frac{4}{m}$	ولنينيت $PbMoO_4$

جدول (٦) النظم البلورية في فصيلة الرباعي
النظام العادى أو نظام المهرم للنمكس الرباعي المزدوج
Ditetragonal Bipyramidal Class

التماثل

قانونه التماثل الكامل: $\frac{4}{m} \quad \frac{2}{n} \quad \frac{2}{p}$ ، $\frac{4}{m} \quad \frac{2}{n}$ ، شكل (٧٣) .



شكل (٧٣)

المحاور التماثلية: يوجد محور واحد رباعي التماثل منطبق على المحور البلورى C ، وأربعة محاور ثنائية التماثل ، إثنان منها ينطبقان على المحورين A ، A والإثنان الآخران ينصفان الزوايا بين المحورين A ، A .

المستويات التماثلية: يوجد مستوى تماثل

أفقى يشمل المحاور الأفقية A ، A (وعمودى

على المحور z وأربعة مستويات تماثلية رأسية تمر بالمحور z ، إثنان يشملان المحوران x, y (بالإضافة إلى z) والإثنان الآخران يصفان الزوايا بين هذين المحورين .

مركز التماثل : لبورات هذا النظام مركز تماثل .

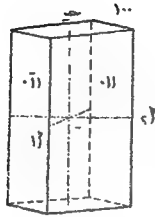
الوسطال البلورية

الأهرامات المنعكسة: Bipyramids : وهذه عبارة عن أشكال مقفولة تقطع أوجهها المحور z ، وأحد المحورين الأفقيين x أو y ، أو كليهما . توجد ثلاثة أنواع من الأهرامات المنعكسة الرباعية مثل الثلاثة التي سبق أن ذكرناها في فصيلة السداسي .

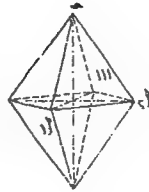
هرم منعكس رباعي من الرتبة الأولى (أو هرم منعكس وتمرى) :

Tetragonal bipyramid of the 1st order (Chord bipyramid)

شكل (٧٤) ، يماثل هذا الشكل شكل ثنائي الأوجه في فصيلة المكعب، ولكن نظراً لأن المحور z يخالف في الطول المحورين الأفقيين x فإن التقاطعات النسيية تكون $1:1:z$ والتي تدل على أن وجه هذا الشكل يقطع المحاور البلورية الثلاثة في مسافات الوحدة . ويكون هذا الشكل إذن هو شكل الوحدة unit form . ولما كان التقاطع على المحور z قد يكون أقصر أو أطول من طول الوحدة، لذلك تكون الأحاديث $1:1:z$ ، والدليل (هرهل)، حيث z هي قيمة عددية بين الصفر وما لا نهاية . يكون هذا الهرم شكلاً مقفولاً من ثمانية أوجه، كل وجه منها في هيئة مثلث متساوي الحاقين (وليس متساوي الاضلاع مثل ثنائي الأوجه)



شكل (٧٥)

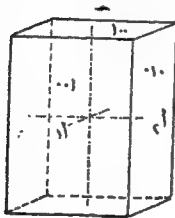


شكل (٧٤)

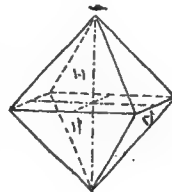
هرم منعكس رباعي من الرتبة الثانية (أو هرم منعكس متعامد) ، شكل (٧٦)
Tetragonal bipyramid of the second order (Normal bipyramid)

تقطع أوجه هذا الشكل المحور z وأحد المحورين x ، وتمتد موازية للمحور y الآخر. وعلى ذلك تكون الأحداثيات (١ : ٠ : ١) و (١ : ٠ : -١) والدليل هو { ١ : ٠ : ١ } .
يتكون الشكل من ثمانية أوجه تقفل الفراغ بمفردها .

(ملاحظة : يلاحظ أنه في حالة الهرم المنعكس التتري يواجه ماسك البلورة حرف ، في حين يواجه الهرم المنعكس المتعامد ماسك البلورة بوجه) .

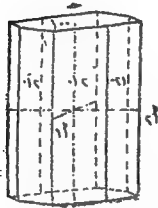


شكل (٧٧)

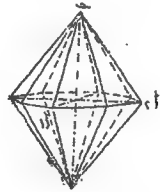


شكل (٧٦)

هرم منمكس رباعى مزدوج Ditetragonal bipyramid شكل (٧٨)
تقطع أوجه هذا الشكل المحورين الأفقيين a_1, a_2 فى مسافتين مختلفتين ، فى حين يكون التقاطع على المحور c إما مساوياً للوحدة أو أكبر من ذلك (م > ١).
الاحداثيات (ا : ن : م > ١) ، الدليل $\{h k l\}$. يتكون هذا الشكل من ١٦ وجهاً ، كل منها فى هيئة مثلث غير متساوى الاضلاع .



شكل (٧٨)



شكل (٧٩)

المُسَوَّرات Prisms

توجد ثلاثة أنواع من المسوَّرات الرباعية مثل الأنواع الثلاثة التى سبق أن ذكرناها فى فصيلة السداسى .

منشور رباعى من الرتبة الأولى (منشور رباعى وترى) شكل (٧٥) :

Tetragonal prism of the first order (Chord prism)

يتكون هذا الشكل المقترح من أربعة موازية للمحور c ولكنها تقطع كلًا من المحورين a_1, a_2 . الاحداثيات (ا : ن : م > ١) والدليل $\{h k l\}$ ، ونجد أن المحورين a_1, a_2 يصلان بين منتصف الحروف المقابلة ، وعلى ذلك يكون هناك حرفاً مواجهاً للملك البلورة عندما يكون المحور a_1 ممتداً من الأمام إلى الخلف .

منشور رباعى من الرتبة الثانية (منشور رباعى متعامد) شكل (٧٧) :

Tetragonal prism of the second order (Normal prism)

يتكون هذا الشكل المفتوح من أربعة أوجه موازية للمحور c ، وكذلك موازية لاجد المحورين a ، b . الاحداثيات (١ : ١ : ١ : ١) والدليل { ١٠٠ } .
في هذا الشكل نجد أن المحورين البلورين a ، b يصلان بين منتصف كل وجهين متقابلين .

منشور رباعى مزدوج Ditetragonal Prism ، شكل (٧٨) :

يتكون هذا الشكل المفتوح من ثمانية أوجه مرتبة في هيئة أربعة أزواج حول محور التناظر الرباعى . الاحداثيات (١ : ١ : ١ : ١) والدليل { ١٠٠ } .
يوضح شكل (٨٠) وضع أشكال الرتبة الأولى والثانية والأشكال المزدوجة بالنسبة للمحاور البلورية الأفقية a ، b .

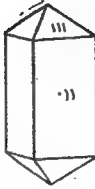
المسطوح القاعدى Basal Pinacoid : ويعرف في بعض الأحيان بالاسم المبسط «قاعدة» base ويتكون من وجهين موازيين لمستوى التناظر الأفقى . الاحداثيات (١ : ١ : ١ : ١) والدليل { ١٠٠ } . وهذا الشكل ، مثل المنشورات ، شكل مفتوح لا يوجد بمفرده وإنما يكون موجوداً مع أشكال أخرى ، مثل المنشورات شكل (٧٥) ، (٧٧) ، (٧٩) .

مجموعات الأشكال : Combinations of forms ، شكل (٨١) . (٨٢) :
تظهر مجموعات مختلفة من الأشكال الرباعية على كثير من بلورات المعادن .
فمثلاً يوجد على بلورة الزركون Zircon ، شكل (٨١) ، مجموعة من المنشورات { ١١١ } ، والهرم المنعكس الزركوني { ١١١ } . وقد تظهر بلورات أخرى من الزركون مجموعة من منشورات الرتبة الأولى والرتبة الثانية مع الهرم المنعكس من الرتبة الأولى والهرم المنعكس الرباعى المزدوج ، شكل (٨٢) .

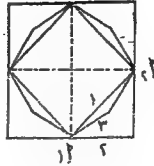
أمثلة من المعادن : زركون $ZrSiO_4$ شكل (٨١) ، (٨٢) ؛ روتيل $Rutile (TiO_2)$ كاسيتريت $Cassiterite (SnO_2)$.



شكل (٨٢)



شكل (٨١)



شكل (٨٠)

مميزات البلورات الرباعية :

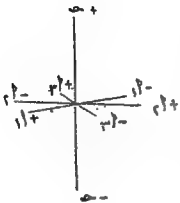
تتميز البلورات الرباعية بوجود محور رباعي التماثل (دوراني أو انقلابي) ينطبق دائماً مع المحور البلوري الرأسي (c)، ويكون طول البلورة في هذا الاتجاه إما أكبر أو أقل من البعدين الآخرين (a, b). وفي معظم النظم التابعة لهذه الفصيلة البلورية يكون المقطع المستعرض العمودي على المحور الرأسي الرباعي في البلورات كاملة الأوجه غير المشوهة في شكل مربع كامل أو مربع تقطع زواياه القائمة أوجه الأشكال المختلفة.

فصيلة الثلاثي

Trigonal System

المحاور البلورية

تتميز بلورات هذه الفصيلة بوجود محور واحد ثلاثي التماثل وعدم وجود مستوى تماثل أفقي، شكل (٨٣). وقد سبق أن أشرنا عند بدء الحديث عن فصيلة السداسي إلى العلاقة بين فصلي السداسي والثلاثي واشترائهما في وجود أربعة محاور بلورية في بلورائهما (a, b, c, d) حيث تتقاطع المحاور في زوايا مقدارها ١٢٠°. أما المحور c فتعامد عليها ومختلف عنها في الطول (إما أطول أو أقصر).



شكل (٨٣)

ونتيجة لهذه العلاقة فإننا نجد أن بعض الأشكال البلورية السداسية (مثل المنشورات السداسية من الرتبة الأولى والثانية) توجد في كل من هاتين الفصيلتين . وتشمل فصيلة الثلاثي خمس نظم بلورية ، جدول (٧) .

النظام	قانون التماثل الكامل	مثال من المعادن
مثلي الأوجه الثلاثي المزدوج	$\frac{2}{3} \frac{2}{3}$	كالسيت
شبه منحرف الأوجه الثلاثي	$2 \frac{2}{3}$	كوراتز منخفض الحرارة
المهرم الثلاثي المزدوج	$2 \frac{2}{3}$	تورمالين
معيني الأوجه	$\frac{2}{3}$	دولوميت $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
المهرم الثلاثي	3	جراتونيت

جدول (٧) : النظم البلورية و فصيلة الثلاثي

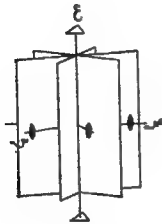
نظام المثلثات الوجهية الثلاثية المزدوجة

Ditrigonal Scalenohedral Class

التمائيل

قانونه التماثل الكامل

$$\frac{2}{3} \frac{2}{3} \frac{2}{3} \quad \text{شكل (٨٤)}$$



شكل (٨٤)

تتكون عناصر التماثل في هذا النظام من محور واحد فقط ثلاثي التماثل انقلابي يطبق على المحور البلوري $3 = (2 + 1)$ ، وثلاثة محاور أفقية ثنائية التماثل عمودية على ثلاثة مستويات تماثلية رأسية .

وتطبق المحاور ثنائية التماثل على المحاور البلورية ١، ٢، ٣، شكل (٨٤) .

الشكل البلورية

توجد الأشكال السداسية التالية في هذا النظام الثلاثي الكامل التماثل :

المسطوح القاعدي : {١٠٠} يتكون من وجهين .

المنشور السداسي من الرتبة الأولى : {١٠١} يتكون من ستة أوجه .

المنشور السداسي من الرتبة الثانية : {٠٢١} يتكون من ستة أوجه .

المنشور السداسي المزدوج : {هـ ك و} يتكون من اثني عشر وجهاً .

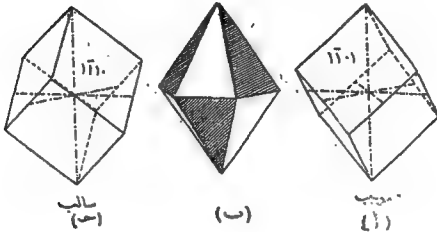
المهرم المنعكس السداسي من الرتبة الثانية : {هـ هـ ٢ هـ ل} يتكون من ١٢ وجهاً .

والمعروف أن هذه الأشكال سالفة الذكر توجد في فصيلة السداسي أيضاً (النظام الكامل التماثل) ، أي أن هذه الأشكال مشتركة بين الفصيلتين ، والسبب في ذلك ، كما أن سبق قلنا ، هو العلاقة البلورية بين الفصيلتين ، واشتركا في أربعة محاور بلورية .

أما الشكلان التاليان فلا يوجدان في فصيلة السداسي وإنما تنفردهما فصيلة الثلاثي . هذان الشكلان هما معني الأوجه Rhombohedron ومثلثي الأوجه Ditrigonal scalenohedron المزدوج .

معني الأوجه Rhombohedron : معني الأوجه شكل مقبول بحدسته أوجه معينة ، شكل (٨٥ - ١ ، ٨٥ - ٢) وفي هذا الشكل نجد أن الأوجه الثلاثة العليا ليست فوق الأوجه الثلاثة السفلى مباشرة ، أي أن هذا الشكل البلوري ليس مرصاً منعكساً ، ولكنه شكل معني الأوجه . ويمكن أن ننظر إلى معني الأوجه على أنه مشتق من الهرم المنعكس السداسي ، شكل (٨٥ - ٣) ، وذلك باختيار الأوجه العليا والسفلى للتبادلة (أي وجه علوي ثم الوجه السفلي الذي يليه ثم الوجه العلوي الذي يليه وهكذا) ، ويصل المحور ح بين الزاويتين المتساويتين الثلاثية الأوجه (أي الودايا التي تتكون نتيجة لتلاقى ثلاثة أوجه) وهذا المحور

محور إنقلازي ثلاثي التماثل، أما المحاور الأفقية a ، a ، a ، فإنها تصل بين منتصف الأحراف الوسطى المتقابلة.

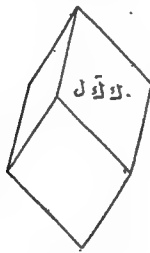


شكل (٨٥)

وبترقب حجم معنى الأوجه على نسبة $١ : ٢$ (يمكن اعتبار المكعب المسوك بطريقة تجعل أحد محاوره الثلاثة التماثل يمتد رأسياً على أنه معنى الأوجه ذو أحرف وزوايا متساوية . ونجد أن نسبة $١ : ٢$ في هذه الحالة هي كنسبة $١ : ١.٢٢٤٧$ أو $١ : ١.٢٢٤٧$) .

وعلى ذلك فإن الأشكال المعنية الأوجه التي توجد فيها قيمة المحور c بالنسبة إلى a أكبر من ١.٢٢٤٧ تكون لها زوايا قطبية (حيث يخرج المحور c) أقل من ٩٠° ، ويتبع عن ذلك شكل معنى الأوجه حاد acute ، شكل (٨٦) ، (٨٧) ، أما إذا كانت قيمة النسبة أقل من ١.٢٢٤٧ ، فنجد أن الزوايا القطبية تكون أكبر من ٩٠° ، ويتبع عن ذلك شكل معنى الأوجه منفرج obtuse شكل (٨٨) ، (٨٩) . وإحداثيات معنى الأوجه هي $(١ : ١ : c : ٢)$ والدليل إما أن يكون $\{h : k : l\}$ أو $\{h : k : l\}$ ويطلق على الشكل $\{h : k : l\}$ أحياناً اسم معنى الأوجه الموجب ، أما $\{h : k : l\}$ فيطلق عليه اسم معنى الأوجه السالب . وعندما تملك البلورة بحيث يكون المحور c عمودياً والمحور a يمتد

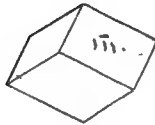
موازيًا للماسك البلورة فإننا نجد في حالة معنى الأوجه الموجب { هـ . هـ . ل } وجها
هلويا في حين يواجها معنى الأوجه السالب { ك ك ل } بحرف في هذا المكان.



شكل (٨٧)



شكل (٨٦)



شكل (٨٩)



شكل (٨٨)

مثلي الأوجه المثلثي الزدوج Ditrigonal scalenohedron شكل (٩٠).

يشكون هذا الشكل من ستة أزواج من الأوجه المثلثية (غير متساوية
الاحلاع) (المجموع ١٢ وجهاً) وتقف هذه الأوجه الفراغ . نلاحظ
في هذا الشكل البلوري أن الثلاثة أزواج العليا من الأوجه ليست فوق الثلاثة
أزواج السفلى مباشرة ، أي لا يوجد بين الاثنين مستوى تماثل أفقي ، وعلى ذلك
فلا يكون هذا الشكل هرمًا منعكسًا ثلاثياً مزدوجاً ، ولكن يكون مثلي الأوجه



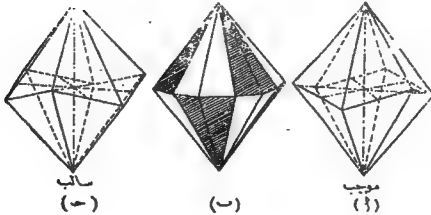
شكل (٩٠)

ثلاثي مزدوج . في هذا الشكل يصل المحور h بين الزوايا السداسية الأوجه (تتكون من ثلاث ستة أوجه) أما المحاور الأفقية a ، a ، a فإنها تصل بين منتصف الحروف الوسطى المتقابلة ، شكل (٩١ - أ ، ح) .

ويمكن أن تنظر إلى مثلثي الأوجه الثلاثي المزدوج على أنه مشتق من الهرم للتعكس السداسي المزدوج (النظام المعادي لفصيلة السداسي) إذا اخترنا

أزواجا متبادلة من الأوجه شكل (٩١ - ب) . (زوج علوي ثم يليه زوج سفلي ثم زوج علوي وهكذا) ، ويمكننا إذن أن نحصل على مثلثي أوجه ثلاثي مزدوج موجب وآخر سالب ، شكل (٩١ - أ ، ح) . والمثلثي الموجب يشغل موضعا مقابلا لموضع معيني الأوجه الموجب ، أما المثلثي السالب فإن موضعه يقابل موضع معيني الأوجه السالب . وإحداثيات مثلثي الأوجه الثلاثي المزدوج هي

$$\pm (n : a : a : m) \text{ والدليل } \{ h : k : l \} \text{ مثل } \{ 1 : 2 : 3 \} \text{ حيث } h < k , \{ h : k : l \} \text{ حيث } k > h .$$



شكل (٩١)

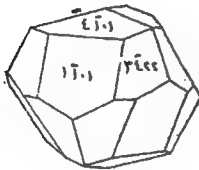
مجموعات الرُّسْطَل :

توجد مجموعات مختلفة من الأشكال البلورية الثلاثية على البلورات الطبيعية ،

شكل (٩٢) ، (٩٣) ، (٩٤) .

أمثلة من المعادن :

يتبلور في هذا النظام الثلاثي الكامل التماثل المعادن التالية : كالسيت $CaCO_3$ (شكل (٩٢) ، سيدريت $Siderite$ $(FeCO_3)$ ، كوراندوم (Al_2O_3) Corundum (شكل (٩٣) ، هيماتيت $Hematite$ (Fe_2O_3) شكل (٩٤) .



شكل (٩٤)



شكل (٩٣)



شكل (٩٢)

مميزات البلورات الثلاثية :

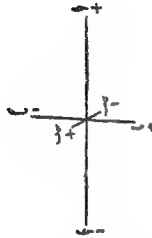
تتميز البلورات الثلاثية Trigonal (تعرف أيضاً باسم البلورات مبنية الأوجه Rhombohedral) بوجود محور ثلاثي التماثل (دوراني أو انقلابي) ينطبق دائماً مع المحور البلوري الرأسي (c) ، ويكون طول البلورة في هذا الاتجاه إما أكبر أو أصغر من الأبعاد الأفقية (a ، a ، a) ، ويأخذ المقطع المستعرض العمودي على المحور الرأسي الثلاثي في البلورات كاملة التماثل غير المشوهة شكلاً مثلثي السمة .

فصيلة المعيني القائم

Orthorhombic System

المحاور البلورية

تشمل هذه الفصيلة جميع البلورات التي لها ثلاثة محاور متعامدة وغير متساوية، شكل (٩٥). ويمتد المحور z رأسياً، بينما يمتد المحور y من اليمين إلى اليسار، أما المحور x فإنه يتجه من الأمام إلى الخلف، ولا يوجد محور أساسي في هذه الفصيلة، بمعنى أن أي محور يمكن أن يختار ليكون المحور z . وعادة يختار z أطول

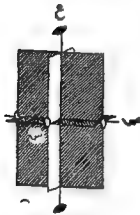


نظام الهرم المنعكس المعيني للقائم

Orthorhombic Bipyramidal Class

التمثيل :

قانونه التماثل : $\frac{2}{2} \frac{2}{2} \frac{2}{2}$ ، أو $\frac{2}{2}$ ، شكل (٩٦) .



شكل (٩٦)

المحاور التماثلية : يوجد في بلورات

هذا النظام ثلاثة محاور ثنائية التماثل
منطبقة على المحاور البلورية الثلاثة ،
شكل (٩٦)

المستويات التماثلية : يوجد ثلاث

مستويات تماثلية ، إثنان منها رأسيان
والثالث أفقي ، ويشمل كل منها
محورين بلوريين ، شكل (٩٦) .

مركز التماثل : موجود أيضا في بلورات هذا النظام .

الأشكال البلورية

هرم منعكس معيني قائم Orthorhombic bipyramid ، شكل (٩٧) :

يتكون هذا الهرم المنعكس من ثمانية أوجه مثلثة الشكل (المثلث غير متساوي
الاجلاع) ، ومتشابهة ، وتقلل الفراغ . هرم الوحدة له الإحداثيات (ا : ب : ح)
والدليل { ١ ١ ١ } ، أما الأهرامات الأخرى فلها — بصفة عامة — الاحداثيات
(ن ا : ب : ح) ، والدليل { هـ كل } حيث $ك < هـ$ ، أو لما الاحداثيات

(١ : ب : م ح) ، والدليل {ك ه ل} حيث $ه < ك$. (ن < ا < م < ح) (١٠٠)



شكل (٩٨)



شكل (٩٧)

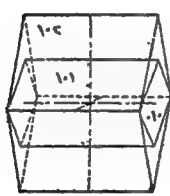
المشور Prism ، شكل (٩٨) : شكل مفتوح مكون من أربعة أوجه قاطعة للحوصل ١ ، ب ولكنها تمتد موازية للحوصل ح . دليل منشور الوحدة هو {١١} ، أما الأشكال الأخرى من المنشور فلها الدليل {ك ه ل} . مثل {١٢} ، {١٣} ، {١٤} ، {١٥} ، {١٦} .

المسقوف Dome ، شكل (٩٩) ، (١٠٠) : شكل مفتوح يشبه السقف المكون من سطحين في هيئة رقم ثمانية (٨) يقابلها سطحين آخرين بالعكس ، أى في هيئة سبعة (٧) ، وتقطع أوجه المسقوف أحد المحورين الأفقيين والمحور الرأسى ح . يسمى المسقوف الذى يوازي المحور (١) يقطع ب ، ح) بأسم مسقوف a-dome ، أو مسقوف جانبي side dome ، شكل (٩٩) . الأحاديات العامة (١ : ب : م ح) والدليل {ك ل} مثل {١١} ، {١٢} ، {١٣} ، {١٤} ، {١٥} ، {١٦} . ويتكون من أربعة أوجه .

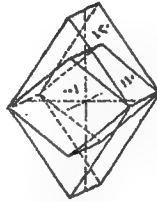
أما المسقوف الذى تمتد موازية للحوصل ب فيعرف بأسم مسقوف ب b-dome ، أو مسقوف أمامى front dome ، شكل (١٠٠) الإحداثيات

(١ : ٥ : ٣ م : م) والدليل { ١٠٠ } ، مثل { ١٠١ } ، { ١٠٢ } ، ويتكون من أربعة أوجه .

يكون كلا الشكلين - المنشور والمنقرف - شكلا مفتوحا ، وعلى ذلك فلا يظهر أحدهما بمفرده ، بل لابد أن يكون مجموعا مع شكل آخر .

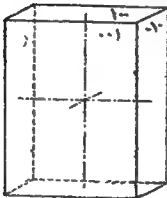


شكل (١٠٠)



شكل (١١١)

المسطوح Pinacoid ، شكل (١٠١) وهو شكل مفتوح مكون من وجهين فقط موازيين لبعضهما البعض ، ويقطع الوجه أحد المحاور البلورية ويوازي المحورين الآخرين ، ويعرف المسطوح بأسم المحور الذي يقطعه ، فإذا قطع المحور ح فإنه يعرف بأسم مسطوح ح ، ويعرف بأسم مسطوح ب إذا كان يقطع المحور ب ، أو مسطوح ا إذا كان يقطع المحور ا .



شكل (١٠١)

مسطوح ح أو مسطوح قاعى

a- or basal Pinacoid

{ ١٠٠ } ، وجهان .

مسطوح ب أو مسطوح جانبي

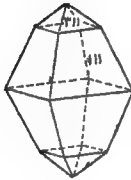
b- or side Pinacoid

{ ١٠١ } ، وجهان .

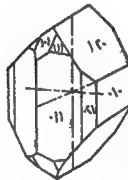
مسطوح أو مسطوح أمامي a-or front Pinacoid $\{001\}$ ، وجهان .

بمجموعات التماثل:

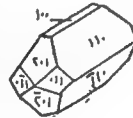
توجد الأشكال $\{001\}$ ، $\{201\}$ ، $\{110\}$ ، $\{100\}$ بمجموعة على بلورة معدن باريت (BaSO_4) Barite ، شكل (١٠٢)؛ أما بلورة الأوليفين $(\text{Mg},\text{Fe})_2\text{SiO}_4$ Olivine ، شكل (١٠٣)، فيوجد عليها الأشكال $\{111\}$ ، $\{011\}$ ، $\{021\}$ ، $\{101\}$ ، $\{120\}$ ، $\{100\}$ ، وفي بلورة الكبريت شكل (١٠٤) نشاهد الأشكال $\{111\}$ ، $\{211\}$ بمجموعة .



شكل (١٠٤)



شكل (١٠٣)



شكل (١٠٢)

أمثلة من المعادن .

يتلور في هذا النظام المعيني القائم الكامل التماثل عدد كبير من المعادن نذكر منها:
الكبريت المعيني، شكل (١٠٤)؛ باريت (BaSO_4) Barite شكل (١٠٢)؛ أراجونيت (CaCO_3) Aragonite ؛ سليت (SrSO_4) Celestine ؛ توباز Topaz $(\text{Al}(\text{F},\text{OH})_2\text{AlSiO}_4)$ أوليفين $(\text{Mg},\text{Fe})_2\text{SiO}_4$ Olivine شكل (١٠٣)

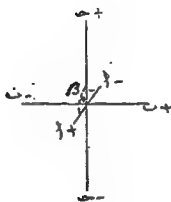
مميزات البلورات المعينية القائمة:

تتميز البلورات المعينة القائمة في النظام كامل التماثل بوجود ثلاثة محاور ثنائية التماثل تطبق على المحاور البلورية a ، b ، c . ونظراً لأن المحور c في هذه الفصيلة ليس محيراً تماثلياً عن المحورين الآخرين فقد اتفق علماء البلورات على توجيه البلورة المعينة القائمة بحيث يكون $c < b < a$ ، ولو أنه في الماضي لم يكن هذا الاتفاق موجوداً ، وعادة نجد في المراجع السابقة أن أياً من المحاور الثلاثة يتخذ اتجاهها للمحور c ، وأطول الاثنين الآخرين هو المحور b ، والأقصر هو المحور a . ويبدو المقطع المستعرض العمودي على المحور الرأسى في البلورات كاملة الأوجه غير المشوهة في شكل ذي سمة مستطيلة أو معينة .

فصيلة الميل الواحد

Monoclinic System

المحاور البلورية



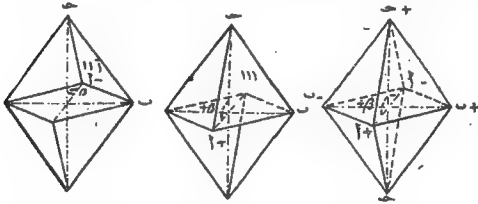
شكل (١٠٥)

تشمل هذه الفصيلة جميع البلورات التي لها ثلاثة محاور بلورية غير متساوية a ، b ، c ، إثنان منها (a, b) يتقاطعان في زاوية مائلة (لا تساوي 90°) ، هي زاوية β (بيتا β) شكل (١٠٥). تتميز بلورة هذه الفصيلة بحيث يمتد المحور b من اليمين إلى اليسار (موازيًا لمسك البلورة) ويمتد المحور c رأسياً ، أما المحور

a فيمتد مثلاً إلى الأمام في اتجاه مسك البلورة. وتعرف الزاوية β بيتا المنفرجة بالزاوية الموجبة ، أما الزاوية β بيتا الحادة فتعرف بالزاوية السالبة . وواضح أن الزاويتين الموجبة والسالبة متكاملتان (أي مجموعهما يساوي 180°) ولما كانت

الوشال البلورية

نصف الهرم المنعكس Hemibipyramid ، شكل (١٠٨) ، (١٠٩) :
 نتيجة لوجود مستوى تماثل ومحور ثنائي التماثل فقط ، فإتينا نجد أن الشكل
 البلورى الذى تقطع أوجهه المحاور البلورية فى مسافات الوحدة ، أى ذو
 الأحاديات ١ : ب : ح يتكون من أربعة أوجه فقط . فالأوجه الأربعة التى
 تقفل الزاوية بيتا الموجبة $(\beta +)$ [المنفرجة، شكل (١٠٨)] ، تكون نصف هرم
 الوحدة المنعكس الموجب؛ أما الأوجه التى تقفل الزاوية بيتا السالبة $(\beta -)$ شكل
 (١٠٩) ، فإنها تكون نصف هرم الوحدة المنعكس السالب . وواضح أن أوجه
 كل من الشكلين الموجب والسالب مختلفة ، فتلك الموجودة فى الزاوية



شكل (١٠٩)

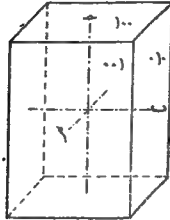
شكل (١٠٨)

شكل (١٠٧)

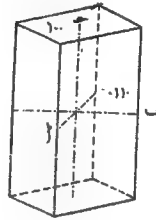
الموجبة أكبر . الدليل $\{111\}$ للموجب ، $\{111\}$ السالب . هذا بالنسبة لشكلى
 الوحدة (تقطع أوجهها المحاور البلورية فى مسافات الوحدة) ، أما نصف الأهرامات
 المنعكسة التى تقطع المحاور البلورية فى مسافات مختلفة عن الوحدة فلها الأدلة
 الدامغة $\{ههه\}$ ، $\{ههه\}$ ، $\{ههه\}$ ، $\{ههه\}$ ، $\{ههه\}$ ، $\{ههه\}$.

المنشور Prism ، شكل (١١٠) : عبارة عن شكل مفتوح مكون من
 أربعة أوجه كما هو الحال فى فصيلة المعين القائم . منشور الوحدة له الدليل
 $\{011\}$. أما المنشورات التى تقطع المحورين ١ ، ب على مسافات مختلفة عن

الوحدة فلها الدليل العام $\{h.k.\}$ حيث $h < k$ ، مثل $\{0.12\}$ ، أو $\{k.h.\}$ حيث $k < h$ مثل $\{0.21\}$.



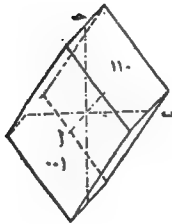
شكل (١١١)



شكل (١١٠)

المسقوف : Dome :

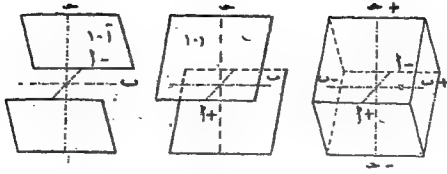
المسقوف الجانبي أو مسقوف a-dome :
مكون من أربعة أوجه موازية للمحور
١ ، شكل (١١٢) . الأحاديث ،
(∞ : ١ : ٢ : ٣ : ٤) ، والدليل
{ ٠ : ١ : ٢ : ٣ } .



شكل (١١٢)

نصف المسقوف الأمامي أو نصف

مسقوف b Hemi front or b-dome : بما أن المحور ١ مائل
بالنسبة للمحور ٢ فإنه ينتج عن ذلك أن المسقوف الموازي للمحور ٢ يتكون
من وجهين فقط وليس أربعة ، شكل (١١٤) ، (١١٥) ، ولذلك يعرف بأسم
نصف المسقوف ٢ . والشكل الذي يحصر الزاوية بيتا الموجبة (المنفرجة)
يعرف بنصف المسقوف ٢ الموجب ودليله $\{h.l.\}$ ، مثل $\{1.0.1\}$ ، شكل
(١١٤) . أما نصف المسقوف ٢ السالب فهو الذي يحصر الزاوية بيتا السالبة
ودليله $\{h.l.\}$ ، مثل $\{1.0.\bar{1}\}$ ، شكل (١١٥) .



شكل (١١٥)

شكل (١١٤)

شكل (١١٣)

المسطوحات Pinacoids ، شكل (١١١) : توجد ثلاثة أنواع منها، مثل سابقتها في فصيلة المعنى القائم ، وهي :

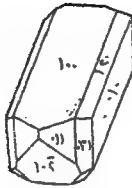
- المسطوح القاعدى أو مسطوح حـ ، { ١٠٠ } : وجهان .
 - المسطوح الجانبي أو مسطوح بـ ، { ٠١٠ } : وجهان .
 - المسطوح الامامى أو مسطوح اـ ، { ٠٠١ } : وجهان .
- بمجموعات ابرشكال .

توجد أشكال بلورية كثيرة بمجموعة على البلورات الطبيعية التى تمثل هذا النظام كما فى شكل (١١٦) ، (١١٧) ، (١١٨) ، (١١٩) .

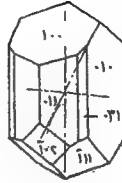
أمثلة من المعادن :

يتبلور فى هذا النظام الكامل التماثل لفصيلة الميل الواحد عدد كبير من المعادن ، من بينها معظم معادن السيليكات المكونة للصخور النارية . نذكر منها : -

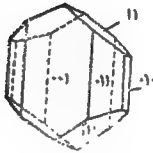
- أرتوكليز Orthoclase $(\text{KAlSi}_3\text{O}_8)$ ، شكل (١١٦) ، (١١٧) .
- أوجيت Angite $(\text{Ca Al Fe Mg Silicate})$ شكل (١١٩) .
- هورنبلند Hornblende $[\text{Ca Al Fe Mg (OH) Silicate}]$.
- بيوتيت Biotite $[\text{K Al Fe Mg (OH) Silicate}]$.
- جبس Gypsum $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ شكل (١١٨) .



شكل (١١٧)



شكل (١١٦)



شكل (١١٩)



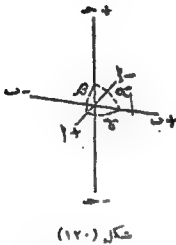
شكل (١١٨)

مميزات بلورات الميل الواحد :

تتميز بلورات الميل الواحد بأن المحور البلورى ب هو المحور الوحيد ثنائى التماثل (متعامد على مستوى تماثل فى النظام كامل التماثل) للموجود فى هذه البلورات . وفى هذا التوجيه يقع المحوران ح (رأسى) ، ا (مائل نحو ماسك البلورة) فى مستوى التماثل الرأسى وهو المستوى الوحيد الموجود فى هذه البلورات . وفى معظم بلورات الميل الواحد يكون المحور ح هو محور استطالة البلورة ، ولكن فى حالات قليلة ، مثل الأرتوكلاز تستطيل البلورة فى إتجاه المحور ا . وبعض المعادن مثل الأييدوت تستطيل بلوراتها فى إتجاه المحور ب . وفى كل بلورات الميل الواحد يلاحظ عموماً أن ميل الأوجه البلورية الموازية للمحور ا تكون مسحوظاً . وفى حالات نادرة تصل الزاوية بين المحورين ا ، ح ٠ ٩٠ .

فصيلة الميول الثلاثة

Triclinic System



المحاور البلورية

تضمحل هذه الفصيلة جميع البلورات التي لها ثلاثة محاور غير متساوية وغير متعامدة (أي أنها تتقاطع في زوايا مائلة)، شكل (١٢٠)، وتملك البلورة بحيث يمتد المحور c رأسياً، ويمتد المحور b من اليمين إلى اليسار، أما المحور a فيمتد إلى الامام تجاه ماسك البلورة.

وتتكون عناصر التبلور من النسبة المحورية $a : b : c$ ، والزوايا الثلاث :
 α (ألفا)، β (بيتا)، γ (جاما) . فثلاً ، في بلورة رودونيت
 Rhodonite ($MnSiO_3$) نجد أن عناصر التبلور هي ، $a : b : c = 1.073 : 0.613 : 1.018$ ،
 $\alpha = 91.8^\circ$ ، $\beta = 94.4^\circ$ ، $\gamma = 91.8^\circ$.

وتشمل فصيلة الميول الثلاثة نظامين بلوريين ، كما في جدول (١٠) :

النظام	قانون التماثل الكامل	أمثلة من المعادن
مسطوح الميول الثلاثة	$\bar{1} (= n)$	ولاستونيت $CaSiO_3$
سطح الميول الثلاثة	1	أكسينيت

جدول (١٠) النظم البلورية في فصيلة الميول الثلاثة

نظام مسطوح الميول الثلاثة

Triclinic Pinacoidal Class

التمثيل :

تتكون عناصر التماثل في هذا النظام من مركز تماثل فقط ، شكل (١٢١) ،
وعلى ذلك فإن أى شكل بلورى تابع لهذا النظام يتكون من وجهين اثنين فقط ،
وجه في ناحية من المركز ووجه آخر مواز له
في الناحية المقابلة من المركز .

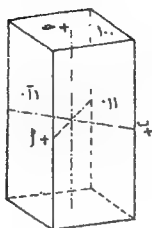
الوسائط البلورية



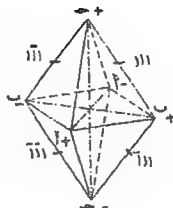
شكل (١٢١)

ربيع الهرم المنعكس Tetartohipyramid
شكل (١٢٢) . بما أن المستويات التي تمر
بالمحاور البلورية تقسم الفراغ البلورى إلى
أربعة أزواج من الأقسام غير المتشابهة ،
كل قسم عبارة عن ثمن $(\frac{1}{8})$ الفراغ ،
فإنه ينتج على البلورة إذن أربعة أنواع من

الاشكال الهرمية . يتكون كل شكل هرمى من وجهين متقابلين فقط ، أو بمعنى
آخر يتكون من $[\frac{1}{4}]$ عند أوجه الهرم المنعكس . ولذلك فإن هذا الشكل
[الذى تقطع أوجهه جميع المحاور البلورية] يعرف باسم ربيع الهرم المنعكس ،
فإذا كانت الأوجه تقطع المحاور البلورية في مسافات الوحدة فإن الشكل يعرف
بشكل الوحدة ، أما الاشكال الأخرى فإنها تقطع المحاور البلورية في مسافات
مختلفة . وفي عبارة أخرى يمكننا أن نقول أن شكل الهرم المنعكس المعنى القائم
قد نحول إلى أربعة أشكال هرمية منعكسة نتيجة لبل المحاور البلورية بالنسبة
إلى بعضها البعض . وأدلة هذه الاشكال الأربعة هي : $\{111\}$ ويعرف باسم
العلوى اليميني ، $\{1\bar{1}\bar{1}\}$ العلوى اليسارى ، $\{\bar{1}\bar{1}1\}$ السفلى اليميني ، $\{11\bar{1}\}$
السفلى اليسارى . ويتوقف الاسم في كل من هذه الحالات الأربعة على مكان
الفراغ الأمامى (اليمين $\frac{1}{8}$) الذى يقفله وجه الشكل .



شكل (١٢٣)



شكل (١٢٢)

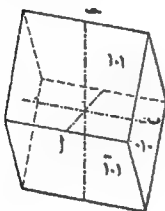
نصف المنشور Hemiprism ، شكل (١٢٣) : من الواضح الآن أن المنشورات في هذا النظام الذي لا يحتوى سوى مركز تماثل فقط تتكون من وجهين اثنين فقط لكل منها ، ولذلك فإنها تعرف باسم نصف منشورات ، ويمكن تمييز نصف منشور يميني $\{0.1.1\}$ ، ونصف منشور يساري $\{0.\bar{1}.1\}$. وهذه الاشكال مفتوحة . وتوجد في شكل (١٢٣) مجموعة مع المسطوح القاعدي $\{1.0.0\}$

نصف المسقوف Hemidome : تتكون المسقوفات الآن من وجهين فقط .

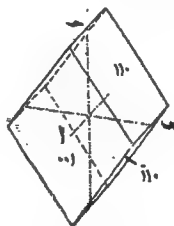
وعليه فإننا نتحدث عن نصف المسقوف (اليميني) $\{11.0\}$ ، واليساري

$\{\bar{1}1.0\}$ ، شكل (١٢٤) ؛ ونصف المسقوف العلوي $\{1.0.1\}$. والسفلي $\{\bar{1}.0.1\}$

شكل (١٢٥) ، والتي تشاهد بمجموعة مع المسطوح الامامي والمسطوح الجانبي في الشبكين على التوالي .



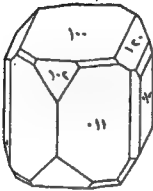
شكل (١٢٥)



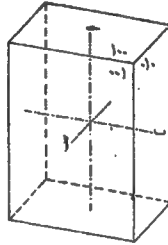
شكل (١٢٤)

المسطوحات Pinacoids ، شكل (١٢٦) : المسطوح الامامى أو مسطوح ا

{ ٠٠١ } ، وجان : المسطوح الجانبي أو مسطوح ب { ١٠٠ } ، وجان : المسطوح
القاعدى أو مسطوح ح { ١٠٠ } ، وجان .



شكل (١٢٧)



شكل (١٢٦)

المجموعات الشكلية

يوجد عدة أشكال بلورية مختلفة مجموعة على البلورات الطبيعية شكل (١٢٧) .

أصلها من المعادن

يتبلور في هذا النظام معادن البلاجيوكليس وهي من المعادن الأساسية في تكوين الصخور النارية، ومن أمثلتها ألبايت Albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) أنورثايت Anorthite ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) ، شكل (١٢٧) كذلك تبلور في هذا النظام معادن رودونيت (MnSiO_3) ، ولا ستونيت Wollastonite (CaSiO_3)

مميزات بلورات الميول الثلاثية

تتميز بلورات الميول الثلاثية بأنها لا تحتوي أيا من المحاور التماثلية أو المستويات التماثلية . وباستثناء معادن الفلسبارات البلاجيوكليزية فإن قلة من المعادن تتباور في فصيلة الميول الثلاثة، وعادة ما تكون بلوراتها غير واضحة وغير كاملة الاوجه .

أسماء وتوزيع وعلاقة الأشكال البلورية

في النظم الكاملة المتماثل في النماذج البلورية السبعة

يبين جدول (١١) فيما يلي أسماء، وتوزيع، وعلاقة الأشكال البلورية في النظم

الكلمة التامثل في النصائل البلورية السبعة التي درسناها .

[illegible]

جدول رقم (١١) أساء بعض الأشكال الهجورية في العظام الكاملة الأماثل في الفصائل البايورية.

عدد المواد المتبلورة في كل فصيلة ونظام بلورى وأهميته النسبية

يصل العدد الحالى للمواد للتلورة المعروفة حوالى ٢٠٠٠٠ من بينها ألفان توجد فى الطبيعة كمعادن ، الكثير منها نادر الوجود . ومن بين هذا العدد الضخم من المواد المتبلورة نجد أن :-

$$\left. \begin{array}{l} ٥٠ \text{ ٪ } / \text{ تبلور فى فصيلة الميل الواحد .} \\ ٢٥ \text{ ٪ } / \text{ تبلور فى فصيلة المعنى القائم .} \\ ١٥ \text{ ٪ } / \text{ تبلور فى فصيلة الميول الثلاثة .} \end{array} \right\} \text{ مجموعة بلورات } \\ \text{الأحوال الثلاثة}$$

وفى عبارة أخرى إن هذه الفصائل الثلاثة (ذات التماثل الأقل بين الفصائل البلورية السبعة) تضم ٩٠ ٪ من علكة البلورات ، نأركه نسبة بسيطة (١٠ ٪) لبقية الفصائل البلورية الأربعة مجتمعة ، وألى يمكن ترتيبها ترتيباً تناولياً حسب الأهمية النسبية لعدد البلورات ألى تبلور فى كل منها كآلى : المكعب ثم الرباعى ثم الثلاثى ثم السداسى . وبألاحظ أن العدد الأكبر من المواد المتبلورة داخل الفصيلة الواحدة ينتمى إلى النظام السكامل التماثل . ومن أجل تحقيق المواد المتبلورة والتعرف علها يمكننا أن ننظر إلى مثل هذا التوزيع - ومايدور من عدم أهمية الفصائل الأعلى - مائلاً - على أنه تيسير فى صالح تحقيق المواد المتبلورة وليس تعسيراً للامور . فى جميع بلورات المواد المسكبية نجد أن الواوية بين وجهين متقابلين (وجهان لهما نفس الدليلين) ثابتة . ومعنى ذلك أن تعيين الروايا بين الوجهيه فى البلورات المسكبية لايفيد فى تحقيق هذه المواد . وكلما انخفض التماثل زاد عدد المتغيرات ، حتى أننا فى فصيلة الميول الثلاثة (أقل الفصائل تماثلاً) نجد أن أقل عدد من الروايا بين الوجهيه (وهى متغيرة) غير المرتبطة ببعضها ينفى التعرف عليها من أجل تعيين الروايا المحورية الثلاثة (ألفاء ، بيتا ، جاما) وكذلك النسبة المحورية (وبالتالى تحقيق المادة) هو خمسة .

هيئة البلورة Crystal habit

سبق أن ذكرنا أن المعدن يتميز بشكل بلورى ثابت، وعلى هذا يختلف معدن عن آخر فى الزوايا بين الوجبة ، وكذلك فى تماثل الاشكال البلورية ، أى فى نظام توزيع الواجه على الباورة حسب عناصر التماثل المعيزة فى البلورة. وتعتبر هذه الاختلافات (فى الزوايا والتماثل) أساسية فى التمييز بين بلورة وأخرى ، كما أنها تمثل الفوارق الهامة بين الفصائل البلورية السبعة التى ذكرناها . أما الاختلافات الأخرى التى تظهر على البلورات فليست من الاهمية بمكان مثل هذه الاختلافات الجوهرية. ونعنى بالاختلافات الأخرى اختلاف حجم البلورات والاختلاف فى التكوين النسبى للواجه البلورية، وعددها، وكذلك نوع هذه الواجه ، أو الاشكال البلورية الموجودة على البلورة ، وقد سبق أن عرفنا للتكوين المختلف لواجه الشكل البلورى الواحد باسم التشوه أو اختلاف الواجه البلورية distortion ، شكلا (١٤) ، (١٥) ، وتوصف البلورة فى هذه الحالة بأنها مشوهة أو مختلفة الواجه distorted . ويجب ألا ننسى أن مثل هذا التشوه لا يؤثر على الزوايا بين الوجبة ، لان هذه الزوايا ثابتة مادام ميل الواجه البلورية ثابت ، ولا يهم بعد ذلك إذا كبر الوجه أو صغر .

وقد لوحظ أن بلورات المادة الواحدة تختلف عن بعضها البعض فى حجم الواجه ونسبة تكوينها ، وكذلك فى عدد ونوع الواجه والاشكال الموجودة على البلورات . ومن المشاهدات العامة أنه إذا نمت البلورة (كاورات الصوديوم مثلا) فى محلول ، أثناء عملية التبلور داخل كأس ، مثلا، وكان نموها على القاع ، فإنها لا تنمو حرة فى النمو إلى أسفل حيث تصطدم بقاع الكأس ، ولا يوجد محلول تمول منه ولكنها تنمو إلى الجانبين وإلى أعلى بحرية. وتنتج لنا فى هذه الحالة بلورة مسطحة أو مبططة ، أما إذا علقت هذه البلورة فى المحلول فإنها تنمو بالتساوى فى جميع الاتجاهات وتأخذ شكلا مكعبا . ويعرف الشكل الذى تظهره البلورة للعين باسم هيئة البلورة crystal habit . ولا تتوقف هيئة البلورة على طبيعة المادة المكونة لها فحسب، ولكنها تتوقف أيضاً على الظروف التى أحاطت بالبلورة أثناء نموها. ومن ذلك يمكننا أن نقول أن هيئة البلورة تصف التكوين النسبى للواجه أو الاشكال

البلورية ، وكذلك عددها ونوعها . ويجب ألا يغيب عن ذهننا أبداً أن مثل هذا التأثير في هيئة البلورة يحدث دون أن يتبعه أى تغيير — حتى ولو كان طفيفاً — في الروايات بين الوجهين .

ويمكن وصف الهيئة البلورية للمعادن إما بالنسبة للشكل الظاهري وما يشابهه ، كأن تكون إبرية أو عمودية أو مسطحة ... الخ ، أو بالنسبة للشكل البلورى الغالب فى تكوين البلورة مثل حرسية أو منشورية أو مسطوحية . الخ .. ونذكر فيما يلى الألفاظ المستعملة فى وصف هيئة البلورة ، شكل (١٤) ، صفحة (٢٠) .

مقساوية equant أو متساوية الأبعاد equidimensional ، وذلك عندما تكون جميع الأوجه البلورية متساوية فى الحجم تقريباً ، مثل الجارنت .

مسطوحاً أو نصيرياً tabular ، وذلك عندما يكون هناك زوج من الأوجه أكبر بكثير من الأوجه الأخرى وتبدو البلورة ، فى هذه الحالة ، مبظطة .

صفائحياً lamellar ، أو حتى ورقية foliated ، وذلك عندما يصل التطبيع ، إلى درجة كبيرة فتصبح البلورة فى سمك الورقة .

عمودياً columnar ، وذلك عندما نجد على البلورة ثلاثة أوجه أو أكثر — موازية لاتجاه مشترك فيها بينها — قد أصبحت أكبر بكثير من أية أوجه أخرى ، أو بمعنى آخر عندما نجد البلورة طويلة ، أى أن النمو البلورى كان غالباً فى اتجاه واحد ، مثل تورمالين .

إبرية acicular أو أليافية fibrous ، وذلك عندما تبلغ استطالة البلورة نهايتها (تشبه الإبرة ، مثل بعض أنواع هورنبلند أو الألياف ، مثله أسبستوس) . وإنا نجد أن بلورات أى فصيلة من الفصائل البلورية يمكن أن يكون لها أية هيئة من الهيئات المذكورة أعلاه ، أى قد تكون متساوية أو مسطحة أو صفائحية أو عمودية أو إبرية ، ولكننا نلاحظ أن البلوريات المسكبية تكون غالباً ذات هيئة متساوية .

وتوصف هيئة البلورة أيضاً بالنسبة إلى الأشكال البلورية التي توجد أوجهها كبيرة ظاهرة على البلورة، وغالباً على بقية أوجه الأشكال الأخرى . فمثلاً ، قد تكون البلورات المكعبة مكعبة الهيئة أو ثمانية الأوجه أو اثني عشر وجهاً ممتداً . وبلورات الرباعي قد تكون هرمية الهيئة أو منشورية أو مسطوحية . أما في فصلي السداسي والثلاثي فقد تكون البلورات هرمية أو منشورية أو مسطوحية أو معينية الأوجه أو مثلثة الأوجه مزدوجة . وفي بلورات المعيني القائم والميل الواحد والميلول الثلاثة قد تكون الهيئة البلورية هرمية أو منشورية أو مسطوحية أو مسطوحية . وعندما تنتهي البلورة المنشورية بأوجه بلورية من ناحية واحدة فقط فإنها توصف بأنها ذات طرف واحد *singly terminated* ، أما إذا انتهت البلورة المنشورية بأوجه بلورية من الناحيتين فإنها توصف بأنها ذات طرفين *doubly terminated* .

مجموعات البلورات

Groups of Crystals

توجد بعض المعادن في الطبيعة في هيئة بلورات مفردة أو وحيدة ، ولكن الغالبية العظمى من المعادن توجد بلوراتها مجتمعة في هيئة مجموعات ، قد تكون منظمة في ترتيبها ، أو غير منظمة . ومن دراستنا السابقة يمكن تعريف البلورة بأنها جسم عديد الأوجه *polyhedron* ، فيه الزوايا بين الوجوه أقل من 90° ، فإذا وجدنا على المادة المتبلورة زاوية داخلية *reentrant angle* ، شكل (١٢٩) ، (١٣٠) ، أي زاوية تكونها أوجه بلورية متجهة إلى الداخل ، فإن هذا يعتبر دليلاً على وجود أكثر من بلورة واحدة مشتركة في هذه المادة المتبلورة . أي أن هذه المادة المتبلورة تتكون من مجموعة من البلورات ، وليست بلورة واحدة .

وتصنف مجموعات البلورات إلى قسمين حسب التركيب الكيميائي لأفرادها ، فإذا كانت تتكون من بلورات ذات تركيب كيميائي واحد فإنها تعرف باسم مجموعة متجانسة ، أما إذا كانت مكونة من بلورات مختلفة التركيب الكيميائي (وبالتالي مختلفة المعادن) فإنها تعرف باسم مجموعة غير متجانسة .

مجموعات متجانسة (جميع بلوراتها مكونة من مادة واحدة) :

تضم ثلاثة أقسام حسب ترتيب البلورات والعلاقة الهندسية بينها ، هي :

١ - مجموعات البلورات المتوازية . وذلك عندما تكون البلورات موازية لبعضها البعض .

٢ - بلورات توأمية أو توأم ، وذلك عندما تكون البلورات موازية جزئياً لبعضها البعض (أى بعض المحاور البلورية متوازية والبعض الآخر غير متوازي) .

٣ - مجموعات البلورات غير المنتظمة وهذه ينقصها توازي أفرادها .

مجموعات غير متجانسة (بلوراتها مكونة من مواد مختلفة) :

وهذه تصنف أيضاً إلى أقسام ثلاثة حسب ترتيب أفرادها ، هي :

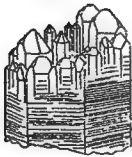
١ - مجموعات البلورات النطاقية zonal growths ، هذه تتوازي أفرادها .

٢ - مجموعات البلورات المنتظمة ، عندما تتوازي الأفراد جزئياً .

٣ - مجموعات البلورات غير المنتظمة ، وهذه ينقصها توازي أفرادها .

المجموعات البلورية المتجانسة Homogeneous groups

(١) **مجموعات البلورات المتوازية** Parallel growths :



شكل (١٢٨) -

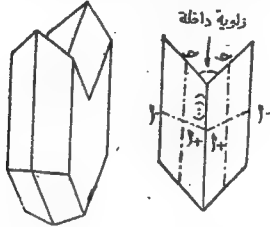
تشكون مثل هذه المجموعات عادة من عدة بلورات بدلا من بلورتين اثنتين فقط . وفيها نجد أن البلورات توازي بعضها البعض ، ومن أمثلتها مجموعات البلورات المتوازية لمعدن السكوارتز ، شكل (١٢٨) ، والكالسيت . كذلك توجد هذه المجموعات المتوازية من البلورات كتقومات صخرية على أوجه بعض البلورات ،

وتعرف باسم أوجه ذات تورمات drusy faces . كما يوجد بلورات معدن فلوريت

(CaF_2) Fluorite

(٢) البلورات التوأمية أو التوائم Twin crystals or twins

يطلق اسم توأم أو بلورات توأمية على بلورتى المادة الواحدة اللتين تكونان مجموعة وتظهران متوازيتين توازيا جزئيا. ويحفظ كل جزء من التوأم باتجاهات

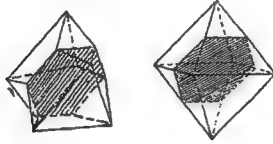


شكل (١٣٠)

شكل (١٢٩)

محاور البلورية الخاصة، ولكن يرتبط كل من هذين الاتجاهين بلوريات باتجاه الآخر، شكل (١٢٩)، (١٣٠). وهذا الارتباط يمكن فهمه بسهولة إذا نحن تصورنا أن أحد جزئى التوأم قد دار زاوية مقدارها ١٨٠° حول محور أو اتجاه ما لينطبق اتجاه هذا الجزء مع اتجاه الجزء الآخر، ونلاحظ أن هذا المحور أو الاتجاه يظل مشتركا بين جزئى التوأم [هذا المحور عمودى على الوجه (٥٠١) فى حالة البلورة شكل (١٢٩)]، ويعرف مثل هذا الاتجاه باسم المحور التوأمى twinning axis وعادة يكون هذا المحور التوأمى عبارة عن محور بلورى أو عمودى على أحد الأوجه البلورية. وعملية الدوران حول المحور التوأمى هى عملية تخيلية بحتة، إذ يجب ألا يفتىب عن ذهننا أن البلورة المركبة قد نمت على هذه الحالة التوأمية وتحدد فيها اتجاه كل من الجوانب منذ بدء عملية التبلور، أى أن الذرات قد رتبّت نفسها فى هذا الترتيب المتوازي جزئيا منذ البداية. ونلاحظ فى شكل (١٢٩) أن هناك زوايا داخلية reenterant angles تميز هذه التوائم. أما البلورة المفردة فلأنها تظهر زوايا خارجة (تطل إلى الخارج) salient angles فقط. وقد يرتبط اتجاه كل من جزئى التوأم بواسطة مستوى ينعكس خلاله أحد

الجزءين لينتج الجزء الآخر (مثل مستوى التماثل) ، شكل (١٣٢) ، ويعرف هذا المستوى باسم المستوى التوأمي *twining plane* . أما مستوى التركيب *composition plane* فهو المستوى الذى يبدو فيه جزئى التوأمان ملتصقان ، وهو يطبق على المستوى التوأمي ولكن ليس هذا دائماً .



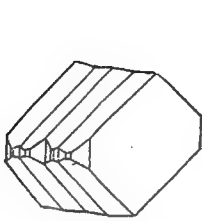
شكل (١٣٢)

شكل (١٣١)

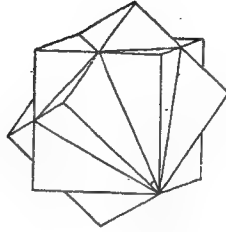
وتعرف التوائم دائماً بواسطة قانون يذكر فيه ما إذا كان هناك محور توأمي أو مستوى توأمي ، وكذلك الاتجاه البلورى لهذا المحور أو ذلك المستوى .

وهناك صفات مختلفة للتوائم ، فثلاً إذا كانت بلورات التوأمان ملتصقة بواسطة مستوى التركيب الذى يبدو سطحاً مستويًا فإن التوأمان تعرف في هذه الحالة باسم توأمان ملتصقة *contact twin* ، شكل (١٢٩) ، (١٣٢) . أما إذا كانت سطح الالتصاق سطحاً غير مستو ، أى تبدو بلورات التوأمان متداخلة فإن التوأمان في هذه الحالة تعرف باسم توأمان متداخلة *penetration twin* ، شكل (١٣٣) ، مثل توأمان معدن فلوريت . والتوأمان إما تكون مفردة *single* أو مضاعفة *multiple* ، فالتوأمان المفردة هي التي تتكون من جزئين اثنين فقط ، شكل (١٣٠) ، وهو يمثل توأمان معدن الجبس ، أما التوائم المضاعفة فهي التي تتكون من أكثر من جزئين . والتوأمان المضاعفة إما أن تكون عديدة التركيب *polyanthetic* ، شكل (١٣٤) - توأمان معدن البيريت - وذلك عندما تكون مستويات التركيب بين أفرادها متوازية . وإما أن تكون مستويات التركيب بين أفرادها مائلة في هيئة دائرية شكل (١٣٥) - توأمان معدن أراجونيت - وذلك عندما تكون مستويات التركيب بين أفرادها مائلة في هيئة دائرية . أما شكل (١٣٦) فيمثل توأمان متصالية لمعدن ستوروليت *Staurolite* ، ويمثل شكل (١٣٧) توأمان في شكل الركبة ،

knee-shaped لمعدن كاسيتريت (SnO_2) .



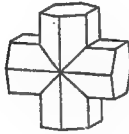
شكل (١٣٤)



شكل (١٣٣)



شكل (١٣٥)



شكل (١٣٦)



شكل (١٣٧)

(٣) مجموعات البلورات المتجانسة غير المنتظمة :

وهذه كثيرة الانتشار في الطبيعة حيث تبدو البلورات في المجموعة غير منتظمة، مثل بلورات السكوارتز التي تتواجد في العروق veins ، وقد تكون البلورات منتظمة إلى حد قليل حتى تبدو المجموعة في هيئة وردة صغيرة rosette أو كرة صغيرة spherulite . وبجانب تواجد مثل المجموعات البلورية المتجانسة غير المنتظمة في العروق فإنها توجد أيضا في اللوات amygdules التي توجد مائلة للقواقع vesicles في الصخور البركانية .

(ب) مجموعات البلورات غير المتجانسة Heterogeneous groups

(١) مجموعات البلورات النطاقية : zonal growths : في هذه المجموعات تنمو بلورات المعادن المختلفة في تركيبها الكيميائي موازية بعضها لبعض. وفي العادة تحيط البلورات بعضها ببعض أثناء النمو ، حتى أنها تبدو في التقاطع المستعرض كتشكلات أو أحزمة حول بعضها . وهناك شرط أساسي يجب توافره بين المعادن المختلفة لتكوين المجموعات المتوازية (البلورات النطاقية) وهو أنه لا بد أن تكون بلورات هذه المعادن متشابهة في أطوال محاورها البلورية ، وفي الوراثة بين الوجبة ، أي لا بد أن تكون بلورات هذه المعادن أو المواد الكيميائية متشابهة البناء isostructural (لها نفس الترتيب الذري) . فمثلاً إذا علقنا بلورة من الشبة الكرومية chrome alum (كبريتات الكروميوم والالومنيوم المائية) ذات اللون الأخضر الداكن في محلول مركز من الشبة البوتاسية potash alum (كبريتات البوتاسيوم والالومنيوم المائية) ذات اللون الشفاف ، فإننا نشاهد البلورة الخضراء وقد أحيطت ببلورة شفافة من الشبة البوتاسية .

وقد يوجد أكثر من نطاقين في البلورة النطاقية . وفي جميع الحالات تتشابه المواد المختلفة الداخلة في تكوين البلورات النطاقية في بنائها الذري وشكلها البلوري الخارجي . مثل هذه البلورات النطاقية كثيرة الظهور في الطبيعة ، ومنتشرة بين المعادن المختلفة ذات خاصية التبلور المتداخل intercrystallization (أي تكوين بلورات متجانسة تحتوي على عناصر كثيرة ناتجة عن مقدرة بعض العناصر أن تحمل مكان جزء أو كل من عناصر أخرى) . ولا يحدث التبلور المتداخل إلا بين المواد المتشابهة البناء isostructural وللتشابه الشكل isomorphous ، ومن أمثلتها معادن الباجيوكلاز Plagioclases (إحلال الصوديوم محل الكالسيوم أو العكس) ، ومعادن البيروكسين Pyroxenes (سليكات جديد ومنفسيوم وكالسيوم وألومنيوم وصوديوم . . الخ) ، ومعادن الأمفيبول Amphiboles والتورمالين Tourmaline .

(٢) مجموعات البلورات المنتظمة : وفي هذه المجموعات نجد توازياً جزئياً بين اتجاهات البلورات المختلفة ، بمعنى أن بعض المحاور البلورية متوازية والبعض الآخر غير متوازي . فمثلاً قد توجد بلورات من معدن الروتيل Rutile محاطة ببلورة معدن ميكاميك Mica بحيث يكون اتجاه المحور ح في الروتيل موازياً لاتجاه المحاور الأفقية في الميكاميك .

(٣) مجموعات البلورات غير المنتظمة : وهذه المجموعات تضم بلورات معادن مختلفة وذات اتجاهات مختلفة أيضاً . وهذا النوع أكثر الأنواع انتشاراً وشيوعاً بين مجموعات البلورات المختلفة ، فهو الذي يوجد مكوناً لكثير من الصخور .

مجموعات المعادن المتبلورة

Crystalline aggregates

توجد كتل المعادن في الطبيعة في هيئة مجموعات لوحات (حبيبات) لها بناء ذري منظم ولكن ينقصها الأوجه البلورية ، وعلى ذلك فإن هذه الكتل هي مجموعات ممدية متبلورة ، وتأخذ هذه المجموعات في الطبيعة أشكالاً مختلفة (ولو أن الحبيبات المكونة ليس لها أى شكل بلوري خارجي) . ومن أمثلة هذه الأشكال ما يأتي ، شكل (١٣٨) :

(١) أليافية fibrous ، أبرية acicular ، عمودانية columnar ، عندما تكون حبيبات المعدن مجموعة في هيئة ألياف (أسبستوس) ، أو إبر (جبس) ، أو أعمدة (تومالين) .

(٢) صفائحية foliated : عندما تكون حبيبات المعدن مجموعة في هيئة صفائح

(٣) ميكائية micaceous : بلورات المعدن مرصوفة في هيئة ألواح رقيقة جداً ، مثل معادن الميسكا .

(٤) كروية globular : مجموعة حبيبات المعدن في شكل كرات صغيرة .

(٥) بطروخية oolitic : عندما تكون كتلة المعدن مكونة من حبيبات مستديرة صغيرة تشبه البطارخ (بيض السمك) ، مثل بعض أنواع البيرائيت .

باسلائية pisolitic : عندما تكون في هيئة حبات البصلة .

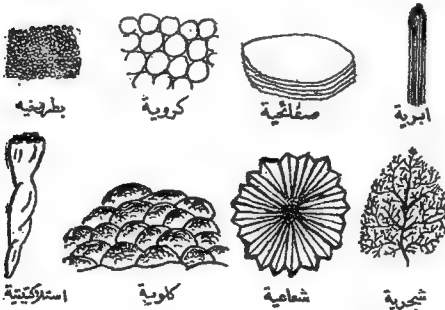
حبيبية granular : عندما تكون حبيبات المعدن في شكل حبيبات مستديرة كبيرة كانت أو صغيرة .

توتية drusy : عندما يغطي سطح المعدن بلورات دقيقة بارزة أو نائنة عليه .

عنقودية botryoidal : مجموعة مكونة من كرات صغيرة ملتصقة ببعضها البعض وتشبه عنقود العنب ، مثل بعض أنواع الكالسيدون (SiO_2) .

كلوية reniform : ككل مستديرة من المعدن ملتصقة ببعضها البعض ، كل واحدة منها تشبه الكلية kidney ، مثل بعض أنواع الهيماتيت .

شجرية dendritic or arborescent : عندما تصبح المجموعة في شكل شجرة متفرعة ، مثل بعض أنواع الهمولوسيت (MnO_2) .



شكل (١٢٨)

نجمية أو شعاعية stellate : عندما تتكون الوحدات المعدنية للمكونة المجموعة في هيئة أشعة دائرية ، مثل وفيليت $[Al_2(OH)_2(PO_4)_2 \cdot 5H_2O]$.
نصلية bladed : مجموعة من وحدات مبططة في شكل نصل السكين ،
مثل كيانيت (Al_2SiO_5) .

استلاكية stalactitic : كتل في هيئة غروط أو اسطوانة ، مثل بعض أنواع الكالسيت .

كتلية massive : المادة المكثرة للمعدن في هذه الحالة مضغوطة أو مكبوسة في هيئة كتلة ليس لها شكل معين .

درنية concretionary : عندما تتجمع حبيبات المعدن بالترسيب حول نواة لتكون كتل كروية الشكل تقريباً .

ترجيلات geodes : عندما تطن حبيبات المعدن لإحدى الفجوات الكروية تقريباً من الداخل ، فإنه يطلق على هذا الكرة المفرغة من الداخل اسم ترجيلة . وغالباً ما يكون المعدن مصفوفاً banded في صفوف نتيجة لتعاقب ترسيبها .

لوزية amygdaloidal : كتلة في شكل اللوزة ، كما في معادن الزيوليت Zeolites عندما تملأ حبيباتها الفجوات اللوزية الشكل (الناتجة من هروب الغازات والأبخرة) في الطفوح البركانية .

عدسية lenticular : عندما تكون المجموعة في هيئة عدسة .

خيطية filiform : عندما تتكون المجموعة من أسلاك رقيقة ، عادة ما تكون منحنية أو متعنية ، مثل الفضة .

شعرية capillary : عندما تتكون المجموعة من بلورات رقيقة جداً مثل الشمع .

معرقنة أو شبكة reticulated : عندما تتكون المجموعة من الياف متشابكة في هيئة شبكة net ، مثل الفضة .

الباب الثالث

الخواص الكيميائية للمعادن

Chemical Properties of Minerals

قلنا إن المعدن يتميز بتركيب كيميائي خاص ، فقد يكون عنصراً (قلة) أو مركباً كيميائياً (كثرة) . وتعتبر معرفة التركيب الكيميائي للمعادن ذات أهمية كبرى في دراستها . إذ تتوقف طبيعة المعدن ، وخواصه المختلفة إلى درجة كبيرة على تركيبه الكيميائي . ويمكن التعرف على كثير من المعادن بسهولة بواسطة خواصها الفيزيائية والكيميائية معاً ، ويمكن تعيين العناصر الأساسية في تركيب المعدن بسرعة بواسطة طرق لهب البورى أو أنبوبة التفخ blowpipe ، وهذه الطرق لا تستلزم جميع الاجهزة والكمالوات الموجودة في معمل كيميائي ، ولكن تتكون أهم أجهزتها من أجهزة بسيطة .

التحليل الكيميائي بلهب البورى

Analysis by the Blowpipe

يهدف التحليل الكيميائي بلهب البورى إلى التعرف على بعض أو كل العناصر الداخلة في تركيب المعدن عن طريق عمليات كيميائية جافة dry methods . يساعد هذا التحليل في تحقيق المعدن — أو على الأقل تحقيق مكوناته الكيميائية الرئيسية — بطريقة سريعة . ولا تحتاج هذه العمليات الكيميائية إلى أجهزة معقدة ، ولكن — في معظمها — أجهزة بسيطة . يمكن توفيرها في المختبر (العمل) أو الحقل ، إذ لا تتطلب سوى ما يأتي :

١ — مصدر الحرارة مثل مصباح بنزن أو مصباح كحول أو حتى لمب شعلة ، ويمكن التحكم في حرارة اللهب برفع درجة حرارته ، وذلك عن طريق خطفه بالأكسجين (المواء) عن طريق النفخ في أنبوب النفخ blowpipe ، شكل (١٣٩) . ويستعمل لمب البورى إما لإعطاء أكسدة سريعة للمعدن عند النقطة ١ ، في الطرف الخارجى للهب ، شكل (١٤٢) ، أو اختزال سريع للمعدن ، وذلك بوضعة عند النقطة ٢ ، في الجزء الداخلى من اللهب ، شكل (١٤٢) . ويمكن سحب طرف البورى قليلا من اللهب (إلى الخارج) لإعطاء لمب مخنزل . ويستلزم الأمر عادة شيئا من الخبرة للحصول على لمب مستمر وقوى بالنفخ . وتصل درجة حرارة البورى إلى ما يقرب من ١٥٠٠° مئوية .

٢ — حامل لمسحوق المعدن ، وقد يكون مكعبا من الفحم ، شكل (١٤٤) ، (١٤٥) ، أو مسطحا من الجبس ، أو ملقاطا طرفيه مكسوتين بالبلاطين ، أو تلك بلاطين بيد من زجاج ، شكل (١٤٣) ، أو أنبوبة زجاجية رفيعة مفتوحة الطرفين ، الأنبوب المقنوح ، شكل (١٤٠) ، أو مفتوحة من طرف واحد فقط ، الأنبوب للفقول ، شكل (١٤١) . ويمثل شكل (١٤٦) مجموعة الاجزة المستخدمة في طرق التحليل الكيميائى باستعمال لمب البورى .

٣ — بضع مواد كيميائية بعضها صلب والبعض الآخر محاليل . والفرض من استخدام هذه المواد الكيميائية يمكن تلخيصه فيما يلى : —

(أ) المساعدة في صهر المعدن عند تسخينه ، أى أنها مواد مصهرة fluxes مثل البوراكس (بورات الصوديوم المائية) ، والملح-الميكروكورمى (فوسفات الصوديوم والأمونيوم الإيدروجينية المسائية) ، وكربونات الصوديوم .

(ب) بعض الأحماض المعدنية ، مثل حامض الهيدروكلوريك وحامض النيتريك وحامض الكبريتيك ، للكشف عن الشق الحامضى . وكذلك محاليل من مواليدات الأمونيوم وكلوريد الباريوم وإيدروكسيد الكالسيوم ونترات الكوبالت وفوق أكسيد الأيدروجين ؛ ، بعض المواد الصلبة مثل حبيبات



شكّل (١٤١)
الأيوب المقلول



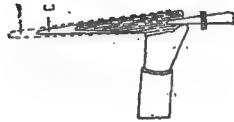
شكّل (١٤٠)
الأيوب المقلول



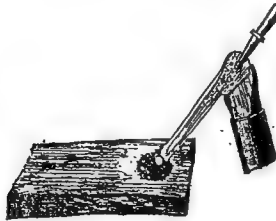
شكّل (١٣٩)
أيوب النفخ



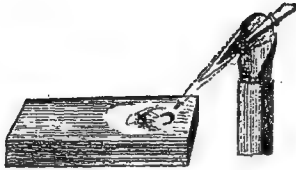
شكّل (١٤٣) سلك البلامين



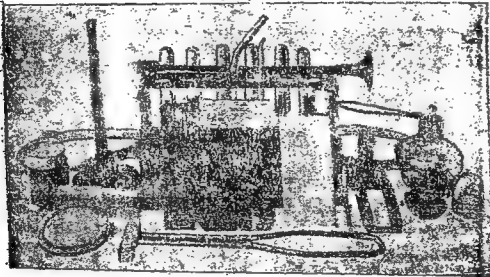
شكّل (١٤٢) أيوب البري



شكّل (١٤٤) النفخ من مكعب الفحم (اختراعه)



شكل (١٤٥) : الصّين على مكعب الفحم (أكسدة)



شكل (١٤٦) : مجموعة الأجهزة المستخدمة في طرق التحليل باستعمال لمب البورى
(تضمها حقبة أو صندوق منفرد وتشمل مصباح كحول ومصباح إيثان وأنبوبة النفخ ومطرقة
ومون وانايب زجاجية ومكبات نعم ومساحات جيسى وسلك البلاتين ومغناطيس صنع
وزجاجات سادة وبعض الكباويات العلية) .

القصدير ومسحوق المنسبوم اللازمة لإجراء بعض التجارب الكيميائية التحليلية البسيطة التي تحقق وجود بعض العناصر .

وفيما يلي بيان بالاختبارات والتحليل الكيميائية بلمب البورى التي سنصفها بإيجاز (معظمها في هيئة جداول) :

- ١ - ألوان اللهب الناتجة من التسخين على سلك البلاتين ، جدول (١٢) .
- ٢ - التسخين على مكعب النجم: (١) تكوين الفلز بالاختزال، جدول (١٣)؛
(ب) تكوين الأكسيد والمواد المتسامية بالأكسدة ، جدول (١٤) .
- ٣ - التسخين على سطح الجبس (تكوين اليوديد المتسامي) ، جدول (١٥) .
- ٤ - التسخين في الأنبوبة المفتوحة (تيار هواء مؤكسد) ، جدول (١٦) .
- ٥ - التسخين في الأنبوبة المقفولة (تيار هواء مخزل) ، جدول (١٧) .
- ٦ - اختبارات خمرزة البراكس ، جدول (١٨) .
- ٧ - اختبارات الكشف عن الشق الحامض ، جدول (١٩) .
- ٨ - اختبارات خاصة: التفرقة بين الأراجونيت والكالسيت، الكالسيت والدولوميت ، تحقيق الكاسيتريت .
- ٩ - ملخص اختبارات الكشف ونمىبق الفلزات المكونة للمعادن (مرتبة أبجدياً) . وهي: ألومنيوم ، أنتيمون ، باريوم ، بوتاسيوم ، تنجستن ، ليتانيوم ، حديد ، ذهب ، رصاص ، زرنيخ ، زنك ، وئبق ، سترونتيوم ، صوديوم ، فضة ، قصدير ، كالسيوم ، كروميوم ، منفسيوم ، موليبدنوم ، نيكل ، يورانيوم .

١ - ألوان اللهب الناتجة بالنسخين على سلك بملتين :

تنتج هذه الألوان، جدول (١٢)، عند تسخين مسحوق المدن، إما بمفرده أو ممزلاً بحامض الهيدروكلوريك، أو حامض النيتريك أو حامض الكبريتيك، على طرف سلك البلاتين، شكل (١٤٣)، حيث تلون الجزء الخارجى من اللهب. وفي حالة المعادن التي لا تتحلل بسهولة (مثل معادن السليكات) يحتاج الأمر إلى صهر المدن الطحون جيداً مع حجم مساو له من الجبس أو الفلوريت أو بيكرينات البوتاسيوم على سلك البلاتين.

لون اللهب	المادة (المصنعا السبب للون)	ملاحظات
أحمر طوبى	كالميوم Ca	باستعمال مرشح ضوء أخضر لا يظهر أى لون .
أحمر قرمزى	استرونشيوم Sr	باستعمال مرشح ضوء أخضر يبدو اللون أسفر باهتا. تغطي محاليل الاسترونشيوم واسيا أيضاً إذا أضيف إليها حامض الكبريتيك (فرق بينها وبين الليثيوم)
أحمر قرمزى كثيف	ليثيوم Li	باستعمال مرشح ضوء أخضر لا يظهر أى لون .
أسفر	صوديوم Na	واضح ومميز .
بنفسجى	بوتاسيوم K	يتأثر اللون بوجود الصوديوم ، وباستعمال مرشح ضوء أزرق يبدو اللون أحمر مائلاً إلى الزرقة.
خضراء مائل للاسفرأ	باريوم Ba	معادن الباريوم ذات وزن نوعى عال .
أخضر	نحاس Cu	لون اللهب أخضر زمردى باستعمال حامض النيتريك . وأخضر مشوباً بلون أزرق سماوى باستعمال حامض الهيدروكلوريك .
ألوان زرقاء غير مميزة	رصاص Pb زرنيع As انتيمون Sb	تتكون كرات الرصاص بالاختزال على مكعب النعم . تنتشر رائحة الثوم أثناء احتراق المدن .
ألوان خضراء غير محددة	زنك Zn فلزور P	أيضاً موليبدنوم Mo .

٢ (أ) - التحسين على مكعب الفحم (تكوينه الفلز باوشرال) :

المصنعة	ملاحظات	الكثرة الصناعية
الفضة Ag	للتمييز بين الفضة والتصدير ، أذوب في حامض النيتريك ثم أضف حامض الهيدروكلوريك للعصول على راسب أبيض من كلوريد الفضة .	بيضاء ، (طرية) ، غير مطيئة عندما تبرد .
التصدير Sn	يحصل على الكريات بصعوبة ، وفدنتا كسد في حامض النيتريك إلى الإيندوكسيد الأبيض .	بيضاء ، (طرية) ، مطيئة عندما تبرد ، قابلة للطرق ، لا تترك أثراً على الورق .
الرساوس Pb	للتمييز بين الرساوس والتصدير أذوب في حامض النيتريك ثم أضف حامض الكبريتيك للحصول على راسب أبيض من كبريتات الرساوس	رمادية (طرية) ، لامعة في الذهب المنحزال مسالة الإنصهار ، ترك أثراً على الورق .
الذهب Au	يسهل الحصول على الكريات من التياوريدات .	صفراء ، (طرية) ، تبقى لامعة قابلة للطرق .
النحاس Cu	يجب «تحميص» مادن النحاس المحتوية على الكبريت أو الزرنيخ أو الأتليمون قبل اختبارها على مكعب الفحم .	حمراء ، (طرية اسفنجية) ، سوداء عندما تبرد .
كوبالت Co	اختبار خزة البوركس أذرق مبيد	كريات ضعيفة المتناطيسية .
نيكل Ni	اختبار خزة البوركس بني مائل إلى الأحمر في الذهب المؤكسد .	
حديد Fe	اختبار خزة البوركس صفراء ساخنة وعديمة اللون باردة في الذهب المؤكسد .	كريات قوية المتناطيسية .

جدول (١٢) : الكريات الفلزية المتكونة بالانحزال على مكعب الفحم وذلك بخط
المدن بمحروق الفحم وكربونات الصوديوم والتخفيف في لب البوري المؤكسد .

٢ (ب) - التسخين على مكعب الفحم (تكوينه الأكسيد والمواد المتسامية) :

ملاحظات	المادة	الطامة الخارجية للمادة المتسامية	بالقرب من المدن المؤكسومي ساخنة
تلون المادة المتسامية الذهب المختزل باللون الأزرق .	أكسيد السيليوم (أحمر) سيليوم (أبيض)	مائل للأحمر أبيض	أبيض نقي
تلون المادة المتسامية الذهب المختزل باللون الأخضر الباهت	أكسيد التوريوم (أبيض) توريوم (رمادي)	رمادي إلى بني	أبيض كثيف
تتكون بكثرة بالقرب من المدن المتأكسد (أقل تسمية من أكسيد الزرنيخ).	أكسيد ألتونيون	أشهب إلى بني	أبيض كثيف
تتكون بكثرة بعيداً عن المدن المتأكسد (له رائحة الثوم).	أكسيد الزرنيخ	أبيض إلى أشهب	أبيض
كاربيدات النحاس والزرنيق والأكسولوم والألويات .	أكسيد القصدير	أبيض إلى أزرق	أبيض
المادة المتسامية يصبح لونها أخضر يميل إلى الزرق إذا بالت بترتات الكوبالت ثم سختت بشدة .	أكسيد الموليبدوم	أبيض خفيف جداً	أصفر خفيف جداً (أبيض في البارد)
تتحول المادة إلى لون أزرق إذا سختت في الذهب المختزل تتكون مادة متسامية خضراء مائلة للصفرة إذا سختت مع يوديد البوتاسيوم ، ويكبريتات اليوتاسيوم .	أكسيد الرصاص	أبيض	لون النحاس الأحمر
أصبحت المادة المتسامية خضراء إذا بالت بترتات الكوبالت وسختت بشدة .	أكسيد الزنك	أبيض يميل للزرق	أصفر غامق
تتحول النفاة بالتسخين القصير لفترة طويلة إلى مادة متسامية لونها بني خفيف .	نفاة مختلطة مع رصاص وألتونيون	أبيض خفيف جداً	أصفر كثيف (أبيض في البارد)
			أحمر إلى أحمر غامق

جدول (١٤) : المواد المتسامية على مكعب الفحم الناتجة من تسخين المدن في الذهب المؤكسد.

٣ - إنبهارات الشخب على سطح الجبس (مواد اليوديد المتسامية)

Iodide Sublimates

في بعض الأحيان يكون لليوديدات مظهر مختلف تماماً عن ذلك الذي تأخذه الأكسيد . والحصول على اليوديد المتساى فإنه يلزم طحن المدن ملحناً جيداً ثم يبلل بماء من الهيدروأ يوديك (HI) أو يخلط بمادة صاهرة مكونة من جزئين بالمتساوى من يوديد البوتاسيوم (KI) ، وبيكربونات البوتاسيوم ($KHSO_4$) . ثم يسخن الخليط على سطح الجبس (يمكن استعمال مكعب الفحم كإمالة) حيث تتكاثف طبقات رقيقة من اليوديد المتساى ذى الألوان المدبدة على الأجزاء الباردة من السطح ، جدول رقم (١٥) :

ملاحظات	المادة	الحافة الخارجية	بالقرب من المدن المسخن
متسامية .	يوديد الرصاص	أصفر برتقالى	أصفر برتقالى
متساى جداً .	يوديد الزرنيخ	أصفر إلى برتقالى	أصفر إلى برتقالى
يفتح عند تعرضه لأبخرة الأمونيا القوية	يوديد الأنتيمون	برتقالى إلى أحمر	برتقالى إلى أحمر
يحتاج إلى تسخين بشدة .	يوديد الزئبق	أصفر إلى قرمزي	أصفر إلى أحمر
متساى وأبخرته حمراء .	يوديد السيلينيوم	أحمر إلى قرمزي	أحمر إلى قرمزي
تحول أبخرة الأمونيا لونه إلى أصفر ثم إلى أحمر .	يوديد الزرنيخ	بنى مائل للأحمر	بنى مائل للأحمر
متساى .	يوديد التلوروم	بنى داكن	بنى يشوبه إحمرار باهت
	يوديد الوليدنوم		أزرق بحرى داكن

جدول (١٥) : مواد اليوديد المتسامية على سطح الجبس

(٤) أختبارات التسخين في الأنبوبة المفتوحة : Open tube tests :

تستعمل في هذه التجربة أنبوبة زجاجية قطرها الداخلي حوالى نصف سنتيمتر وطولها حوالى ١٢ سم. ويجب أن تكون هذه الأنبوبة متجنية قليلا بالقرب من أحد طرفيها ، شكل (١٤٠) ، لحمل مسحوق المعدن على هذه الثلثية . وتستعمل مثل هذه الأنبوبة المفتوحة الطرفين في إختبارات الأكسدة التى تطرأ على المعدن عند تسخينه وتساى بعض الأكاسيد الناتجة وتكتنفها على جدران الأنبوبة الداخلية بعيداً عن المعدن الطحون . ويمسك الأنبوبة مائله أكبر ميل بقدر الإمكان ويسخن الجزء العلوى فوق المعدن ثم السفلى بواسطة لُب البنزن فيسخن الهواء وكذلك المعدن وتعمل الأنبوبة كدخنة يمر بها تيار مستمر من الهواء الذى يؤكد المعدن الطحون وتتحول بعض مكوناته إلى أكاسيد غازية أو طيارة يخرج بعضها من طرف الأنبوبة ويتكثف البعض الآخر قرب هذا الطرف عند الجزء البارد من الأنبوبة . وبدراسة خواص لون المادة المتسامية المترسبة يمكن معرفة العناصر المكونة للمعدن . ويبين الجدول رقم (١٦) خواص هذه المواد المتسامية المترسبة في الأنبوبة المفتوحة والعناصر السببية لها .

الراسب	اللون	المادة	ملاحظات
أبيض مثبور	أبيض	As_2O_3	طيار (volatile) بلورات ثمانية الأوجه
أبيض مثبور	أبيض	Sb_2O_3	يتساى ببطء - يترسب بالقرب من المعدن في هيئة حلقة بيضاء ، أما الزرنيخ فيترسب بعيداً .
أسفراوات	أبيض	MoO_3	بلورات سنيرة بالقرب من المعدن - يتساى ببطء وتتحول البلورات إلى اللون الأزرق في اللمب المختزل .
أشهب قازى	كرات سنيرة	Bg	يسخن المعدن ببطء حتى تتشبع أكسدة كاملة .

جدول (١٦) : خواص المواد المتسامية المترسبة في الأنبوبة المفتوحة

(٥) اختبار أنبوبة التسخين في الأنبوبة المقفولة : Closed tube tests

تستعمل في هذه الاختبارات أنبوبة زجاجية مقفولة من أحد طرفيها ، طولها حوالي ٨ سنتيمترات ، وقطرها الداخلي حوالي ٣ ميليمترات ، شكل (١٤١) صفحة (١٠٩) ، والفرض من استعمال هذه الأنبوبة هو إختبار خواص المواد الناتجة من تسخين المعدن في جو مختزل (بعيداً عن الأكسجين) ، وغالباً ما يحدث أن يفتت المعدن إلى قطع صغيرة أو أن ينصهر المعدن . ولاجراء هذا الاختبار نضع المعدن المسحوق عند الطرف المقفول للأنبوبة ونسخنه في لُب البزن . وبين الجدول رقم (١٧) وصفا مختصراً لبعض الاختبارات داخل الأنبوبة المقفولة .

ملاحظات	المادة	باردة	ساخنة
متعادل أو حامض ضعيف .	ماء	سائل شفاف	سائل شفاف
مسحوق المعدن الذائب في حامض	زئبق		سائل فلزّي رمادي
منيف يغطي لوح نحاسي بالزئبق			
كلوريد الرصاص ، كلوريد الانتيمون ، أكسيد الزرنيخوز ، أملاح الأمونيوم .	كلوريد	مادة صلبة بيضاء	مادة صلبة بيضاء
يتساقط بسهولة .	كبريت	بلورات صفراء باهتة	سائل أصفر قاتم أو أحمر
يتساقط بسهولة .	كبريتيد الزرنيخ	مادة صلبة صفراء باحمرار	سائل أحمر قاتم
إكسر طرف الأنبوبة المقفل وسخن لتنتشر رائحة الثوم .	زرنيخ	مادة صلبة سوداء لامعة أو مادة منبورة وصافية .	

جدول (١٧) خواص المواد المتكاثرة في الأنبوبة المقفولة

٦ - اختبارات الخرزة Bead tests :

تتكون أكاسيد كثير من الفلوات مركبات معقدة ذات ألوان مميزة إذا أذيت عند درجات الحرارة العالية في البوراكس ، أو ملح الفوسفور ، أو كربونات الصوديوم . وتستعمل خرزة فلوريت الصوديوم في الكشف عن البورانيوم ، وتستعمل في هذا الاختبار سلك بلاتين ملفوف في شكل دائرة صغيرة عند نهايته ، شكل (١٤٣) . ويجب تحميص الفلزات غير المؤكسدة وكذا مركبات الكبريت ، والزرنيخ ، والأنتيمون قبل إجراء اختبارات الخرزة عليها ، وذلك حتى تزال جميع المكونات الطيارة وتحول المادة المتبقية إلى أكسيد . يسخن طرف سلك البلاتين الملفوف ، ثم يغمس في البوراكس أو ملح الفوسفور أو كربونات الصوديوم حيث تلتصق المادة بالحلقة وتحول إلى خرزة زجاجية شفافة إذا سخنت في لهب البورى ، وفي حالة ملح الفوسفور يجب التسخين ببطء إذ أن هذه المادة تميل إلى السقوط من لفة السلك نظراً لروبو الماء والأمونيا .

فإذا جعلنا الخرزة الساخنة تلمس بعض قطرات المعدن المطحون (مؤكسد) ، ثم سخنا الخرزة في اللهب المؤكسد للبورى ، فإن الخرزة المنصهرة سوف تتلون بالألوان المميزة تبعاً للعنصر الموجود .

كما يمكن ملاحظة لون الخرزة في اللهب المختزل . وبين جدول (١٨) ألوان خرزة البوراكس . ويمكن خلع الخرزة من سلك البلاتين بفك لفة السلك . ومن ثم يمكن الاحتفاظ بهذه الخرزة أو إجراء تجارب كيميائية عليها . وإذا أريد الكشف عن النيكل في وجود الكوبالت ، أو أى أكسيد آخر ، مما يؤدى إلى طمس اختبار خرزة البوراكس ، فإننا نلجأ إلى الطريقة التالية : أذيب عدداً من خرزات البوراكس في حامض النيتريك ، ثم أضف محلول الأمونيا حتى يصير المحلول قلوياً . أضف إلى الراشح بضع حبيبات مكعبة من محلول ثنائي ميثيل الجلايكول كسديم في الكحول ، يتكون راسب أحمر قرمي يدل على وجود النيكل وهذا الاختبار حساس جداً .

ملاحظات	المادة : أكسيد الـ ..	الذهب المختزل		الذهب المؤكسد	
		باردة	ساخنة	باردة	ساخنة
أى كمية .	سليكون ،	شفاف	شفاف	شفاف	شفاف
أى كمية .	ألومنيوم ، زنك ، كالسيوم ، استرونتيوم ، باريوم ، مغنسيوم ، وزنك	شفاف إلى أبيض	شفاف	شفاف إلى أبيض	شفاف
كمية متوسطة .	فنجستن	أصفر إلى بنى	أصفر	شفاف إلى أبيض	أصفر باهت
كمية متوسطة إلى كبيرة .	يورانيوم	شفاف تقريباً	أخضر باهت	أصفر	أصفر إلى بنى
كمية متوسطة إلى كبيرة .	حديدوز	أخضر باهت	أخضر	أصفر	أصفر إلى بنى
كمية متوسطة إلى كبيرة .	وحدديك	أخضر	أخضر	أخضر	أصفر إلى بنى
كمية متوسطة إلى كبيرة .	كروميوم	أخضر	أخضر	مصلر	أخضر
كمية صغيرة إلى متوسطة .	نحاس	أخضر	شفاف	أخضر	أخضر
كمية صغيرة إلى متوسطة .	كوبالت	مزدق	إلى أخضر	مزدق	أزرق
كمية صغيرة إلى متوسطة .	مغنيز	أزرق	شفاف	أزرق	بنفسجى
كمية صغيرة إلى متوسطة .	نيسكل	شفاف	بنفسجى	بنفسجى إلى أحمر	بنفسجى
كمية صغيرة إلى متوسطة .	عكرو	رمادى	رمادى	بنى بحمرة	بنفسجى

جدول (١٨) : ألوان خزنة البورا كس

(٧) اختبارات الكشف عن المعنى العامضى :

تستخدم الأحماض العادية وبعض المواد الصلبة للمساعدة في الكشف عن الشق العامضى في المادان : كلوريد ، فلوريد ، كبريتيد (بعضها) ، كربونات ، كبريتات ، فوسفات ، سليكات (بعضها) ، جدول (١٩) .

الاشق الحامض	الاختبارات
كلوريد	يتفاعل المعدن المخلوط مع ثاني أكسيد النيتروجين مسح حامض الكبريتيك المركز ليعطي غاز الكلور . باستعمال خرزة ملح الصوديوم الفوسفوري (الملح الميكروكوزمي) المشبعة بثاني أكسيد النحاس يعطي مسحوق الكلوريد شتلة من الضوء الأزرق السخى حول الخرزة .
فلوريد	يتفاعل المعدن مع حامض الكبريتيك المركز ليعطي فقاعات شمعية من حامض الهيدروكلوريك والتي تؤدي إلى ترسيب غشاء أبيض من السليكا على تقطلة من الماء تكون موجودة عند طرف الأنبوبة .
كبريتيد (بعضها)	تتفاعل بعض الكبريتيدات مع حامض الهيدروكلوريك لتعطي غاز كبريتيد الأيدروجين . يمكن الكشف عن الكبريتيد أيضاً باختبارات الأنبوية القنولة (كبريت متسامي ذلون يرتقالي) ،والأنبوية المفتوحة ، ومكبب الفحم .
كربونات	يتفاعل المعدن مع حامض الهيدروكلوريك ليعطي غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يسكب ماء الجير .
كبريتات	سخن المعدن على مكبب الفحم مع كربونات الصوديوم ومسحوق الفحم ، ثم ضع الراسب على عملة فضية وبلل بالماء . يدل تكون بقعة سوداء على وجود شق الكبريتات (أو الكبريتيد) .
فوسفات	عند تسخين المعدن مع النحاسيوم في الأنبوية القنولة ، ثم إضافة الماء يتكون الهيدروجين الفوسفوري . يحقق شق الفوسفات أيضاً بتكوين كتلة زرقاء منصهرة عند تسخين المعدن على مكبب الفحم ثم يبلل بقطرات الكوبالت ثم يسخن بشتلة .
سليكات	يتحول المعدن إلى كتلة جيلاينية بالتفاعل مع حامض الهيدروكلوريك .

جدول (١٩) الكشف عن الشق الحامض في المعادن .

٨ - اختبارات خاصة :

الفرقة بين الكالسيت والأراجونيت: (اختبار ميغن Meigen's test)

يغلى مسحوق المعدن لمدة تتراوح بين دقيقة وخمس دقائق في محلول نترات الكوبالت ذي تركيز يتراوح بين ٥ إلى ١٠ ٪ . يلاحظ أن الكالسيت يبقى أبيض اللون ، بينما يتغير لون الأراجونيت ليصبح بنفسجيا نتيجة لتكوين مركب نترات الكوبالت القاعدية . ويكشف عن التغير في اللون بسهولة إذا غسل المسحوق الذي فصل من المحلول بعد عملية الغليان . ولما كانت كل من كربونات الأسترونسيوم ، وكذلك راسب كربونات المغنسيوم القاعدية ، تعطى نفس التفاعل مثل الأراجونيت ، كما يعطى الدولوميت نفس التفاعل مثل الكالسيت ، فإن الاختبار يستلزم أولا التأكد من أن مثل هذا الاختبار يجري على أحد شكل كربونات الكالسيوم - حيث أنه بالإضافة إلى مناسب ذكره ، فإن هذا الاختبار لا يمكن تطبيقه على المساحيق التي تشمل خليطا من الأراجونيت والكالسيت .

الفرقة بين الكالسيت والدولوميت: (١) اختبار ليمبرج Lemberg's Test

يغلى مسحوق المعدن لمدة تتراوح بين ١٥ و ٢٠ دقيقة في محلول كلوريد الألومنيوم وخلاصة صبغة الهيماتوكسيلون (logwood dye) [يحضر المحلول بأن يغلى - لمدة عشرين دقيقة - محلول مكون من ستين جراما من الماء مع مخلوط من أربعة جرامات من كلوريد الألومنيوم و AlCl_3 ، وستة جرامات من خلاصة صبغة الهيماتوكسيلون (صبغة لوج وود) مع استمرار التقليب وإضافة ماء بدلا مما يفقد بالتبخير] . يصبح الكالسيت في هذا الاختبار ويصبح لونه أحمر ورديا Pink ، بينما لا يتغير لون الدولوميت . يعطى الأراجونيت نفس التفاعل مثل الكالسيت .

(ب) اختبار مابلر Mabler's test : يستخدم في هذه الحالة محلول مخفف

من نترات النحاس . يعطى مسحوق الكالسيت فورانا شديدا إذا غلى لبعض

دقائق في هذا المحلول ، ويعقب هذا الفوران تلون حبيبات الكالسيت بلون أخضر ، أما الدولوميت فلا يحدث له أى تغيير في هذا الاختبار .

اختبار الكاسيتريت : إذا كانت معادن الكاسيتريت تتراوح في لونها بين ظلال مختلفة من الأصفر والبني والأسود فإن ظهور اختلاف في مظهرها يمكن استخدامه لتحقيق هذه المعادن والكشف عنها . ويتم ذلك بأن نضع بضع كرات من الكاسيتريت في أنبوبة اختبار فوق حبيبات من ناز الزنك ، ثم نضيف إلى المخلوط حامض الهيدروكلوريك ، وفي هذه الحالة سوف يتحول الألبورجين التلرد حديثاً أكسيد القصدير SnO_2 ، وبعد بضع دقائق يصبح الكاسيتريت مغلفاً بنشاوة رقيقة من فلز القصدير ذى البريق الفلزي والون الأشهب .

٩ - ملتهب الكشف عن الفلزات في المعادن .

(فيما يلي الأبيجدى للفلزات)

ألومنيوم (Al) : يعطى مسحوق المعدن المبلل بترات الكرومات عند تسخينه بشدة على مكعب الفحم رأسياً أوزق غير منصرف .

أنتيمون (Sb) : يعطى مسحوق المعدن المحمص (المزكسد) على مكعب الفحم قشوراً بيضاء قريبة من المسحوق المحمص . يعطى في الأنبوبة المفتوحة مادة بيضاء متسامية بالقرب من القمة . يعطى في الأنبوبة المغفولة مادة متسامية بنية اللون مشوبة بالأحمر ، سوداء اللون عندما تكون خائنة .

باريوم (Ba) : يعطى اختبار الهب لونا أخضر تفاحياً مصفراً .

بوتاسيوم (K) : يعطى اختبار الهب لونا بنفسجياً ، عندما يصير إليه من خلال مرشح زجاجى أوزق اللون .

تانتستن (W) : تلون خرزة الملح النفوسفوري (الميسكروكوزى) بلون أخضر مشوباً بالورقة في الهب المختزل .

تيتانيوم (Ti) : تتلون خمرزة الملح الفوسفورى (البىكروكوزمى) بلون
أصفر وهى ساخنة ، ويلون بنفسجى وهى باردة ، وذلك فى اللهب المختزل .

حديد (Fe) : تتلون خمرزة البورا كس بلون أصفر وهى ساخنة ، وتكون
عدمية اللون وهى باردة ، وذلك فى اللهب المؤكسد . ولكن فى اللهب المختزل
تتلون الخمرزة بلون أخضر زجاجى .

ذهب (Au) : يؤدى الاختزال على مكعب النعم إلى تكوين خمرزة من
الذهب طرية قابلة للطرق malleable .

رصاص (Pb) : يؤدى الاختزال على مكعب النعم إلى تكوين خمرزة من
الرصاص ذى البريق القلوى والقابلة للطرق وإذا حكت فى ورقة تركت
أزراً أسوداً .

زئبق (As) : تؤدى الأكسدة على مكعب النعم إلى تكوين قشرة
بيضاء بعيدة عن مكان التسخين ، كما يمكن شم رائحة الثوم . وإذا سخن المعدن
فى الأنبوبة المفتوحة تتكون مادة متسامية بيضاء .

زنك (Zn) : تؤدى الأكسدة على مكعب النعم إلى تكوين قشرة
صفراء اللون وهى ساخنة ، يضاء اللون وهى باردة . أما إذا سخن المعدن
على مكعب النعم مع نترات الكوبالت ثم أعيد تسخينه بشدة فإنه تتكون
قشرة خضراء زرعية اللون .

زئبق (Hg) : يؤدى تسخين غلوط المعدن مع يوديد البوتاسيوم
والكبريت على مكعب النعم إلى تكوين قشرة صفراء اللون مشوبة بالأخضرار
مع تصاعد أبخرة صفراء اللون مخضرة . أما إذا سخن غلوط المعدن مع
مسحوق كربونات الصوديوم ومسحوق النعم فى الأنبوبة المغفولة فإنه تتكون
كريات متسامية من الزئبق .

سترونشيوم (Sr) : يعطى اختبار اللهب لونا أحمر قرمزيا .

صوديوم (Na) : يعطى اختبار اللهب لونا أصفر .

فضة (Ag) : يعطى الاختزال على مكعب الفحم خرزة من الفضة .

قصدير (Sn) : يعطى الاختزال على مكعب الفحم خرزة من القصدير .

كالميوم (Ca) : يعطى اختبار اللهب لونا أحمر طويلا .

كروميوم (Cr) تتلون خرزة البوراكس بلون أخضر ، وكذلك تتلون خرزة الملح الفوسفوري بلون أخضر ، أما خرزة كبريتات الصوديوم فتتلون بلون أصفر مشوبا بالأخضر وتكون معتمة .

مغنسيوم (Mg) : عندما يسخن مسحوق المعدن الجبل ينترات الكوبالت على مكعب الفحم ، ثم يتابع التسخين بشدة مرة أخرى فإنه يتكون راسب وردي اللون .

مولبداتوم (Mo) : تعطى خرزة الملح الفوسفوري لونا أخضر ناصعا في اللهب المؤكسد ، بينما تعطى الخرزة في اللهب المختزل لونا أخضر مشوبا بالسواد وهي ساخنة ، ولونا أخضر سغيا وتقيا وهي باردة .

نيكل (Ni) : تعطى خرزة البوراكس لونا بليا مشوبا بالأحمرار في اللهب المؤكسد ، بينما تعطى الخرزة في اللهب المختزل لونا رماديا معتما .

يورانيوم (U) : تعطى خرزة الملح الفوسفوري لونا أصفر وهي ساخنة ، ولونا أخضر مشوبا بالأصفر وهي باردة ، وذلك في اللهب المؤكسد . بينما تتلون الخرزة في اللهب المختزل بلون أخضر مشوبا بالأصفر وهي ساخنة وتصبح خضراء ناصعة وهي باردة .

التحليل الكيميائي الكمي للمعادن

يتطلب الأمر في التحليل الكيميائي الكمي للمعادن تعيين³ كمية العناصر الداخلة في تركيب المعدن ، سواء أ كانت كيات غالبية major ، أم كميات قليلة minor ، أم شحيحة trace . ويتم ذلك باستعمال طرق كيميائية وفيزيائية معقدة ودقيقة ، ونحتاج في بعض الأحيان إلى بعض الوقت والجهد كما في طرق التحليل الكيميائي الكمية التقليدية ، الحجمية منها Volumetric والوزنية gravimetric ، التي تستخدم طرق المعايرة والترسيب المعروفة لدى الكيميائي والموجود تفاصيلها في مراجع علم الكيمياء التحليلية Analytical Chemistry

ويمكن القيام بالتحاليل الكيميائية الكمية باستخدام الطرق الفيزيائية مثل التحليل الطيفي spectrographic analysis ، والتي تم عن طريق تبخير (أو حرق) كمية بسيطة من مسحوق المعدن توضع في حفرة صغيرة في أحد قطبي الجرافيت في القوس الكهربائي للجهاز . ويتم تحليل طيف العناصر الموجودة في المعدن عن طريق منشور الكوارتز أو شبكية دقيقة grating . وقياس كثافة وطول الموجات المميزة لكل عنصر يتم حساب كمية العناصر الداخلة في تركيب المعدن . وفي هذا الجهاز يمكن تعيين كمية العناصر الشحيحة التي تصل قيمتها إلى أجزاء قليلة من مليون جزء . وهناك جهاز آخر لا يحتاج إلى سحق المعدن أو حرقه ، إنما تمرى سطح مصقول من المعدن للأشعة السينية التي تحدث عملية تفلر Fluorescence أى انبلاق اشعة أخرى ثانوية من العناصر المكونة المعدن تتناسب شدتها وكثافتها وطول موجتها مع كمية كل عنصر ونوعه . وتعرف هذه الطريقة باسم طريقة التحليل التفلري بالأشعة السينية X-Ray Fluorescence . وتستخدم المعامل الحديثة للتحاليل الكيميائية للمعادن أجهزة الليكترونية دقيقة يتم فيها تحليل المعدن وحساب كمية العناصر المكونة له حساباً كيمياً بطريقة آلية (الجهاز متصل بحاسب اليكترونى) في دقائق معدودات . ومن أمثلة هذه الأجهزة جهاز Electron microprobe . وهذه الأجهزة دقيقة جداً وتحتاج إلى خبرة في تشغيلها وصيانتها بالإضافة إلى ثمنها العالي . ولكن ما تقوم به من

أضاف مضاعفة من التحاليل في وقت قصير جداً — إذا قورنت بطرق التحليل التقليدية — وبجد بشري بسيط، يمر تجويز معامل البحوث ودراسات المعادن يمثل هذه الأجهزة .

وقدم التحليل الكيميائي الكمي نتائج التحليل في صورة نسبة مئوية بالوزن لكيات العناصر الداخلة في تركيب المعدن، ويمكن التعبير عن التركيب الكيميائي للمعدن، للمعدن في صورة قانون يبين أسماء العناصر الداخلة في تركيب المعدن ونسب اتحادها . فمثلا نعبر عن التركيب الكيميائي الذي يميز معدن هاليت Halite بالقانون NaCl ، والذي يدل على أنه يوجد في معدن هاليت عدد متساو من أيونات الصوديوم والكلورين متحدة مع بعضها (النسبة ١ : ١) .

القوانين الكيميائية للمعادن Chemical formulae of minerals

تتكون بعض المعادن من مركبات كيميائية بسيطة، ولكن غالبية المعادن تتكون من مركباته معقدة . وبحسب قانون المركبات المعدنية البسيطة من نتيجة التحليل الكيميائي بنفس الطريقة التي يحسب بها قانون المسود الكيميائية الأخرى .

ويعطى التحليل الكيميائي النسبة المئوية بالوزن لتركيب المعدن، أو بعبارة أخرى يعطى عدد الأجزاء من العناصر المختلفة (أو أكاسيدها) الموجودة في ١٠٠ جزء من المعدن . ولحساب قانون المعدن يجب تحويل هذه النسب المئوية بالوزن إلى نسب الذرات . ويتم ذلك بقسمة النسبة المئوية بالوزن لكل عنصر في المعدن بالوزن الذري لذلك العنصر . فمثلا أعطى التحليل الكيميائي لمعدن الكوبايريت Chalcopyrite النتيجة الآتية: (يلاحظ في هذا التحليل الكيميائي وفي كل التحاليل الكيميائية للمعادن وغيرها أن حاصل جمع النسب المئوية بالوزن لا يكون ١٠٠ تماماً . ولكنه في أحسن الظروف يتراوح بين ٩٩.٥ و ١٠٠ وذلك لأسباب تتعلق بطرق التحليل، وليس نتيجة للمعدن

نفسه. وفي الحسابات الدقيقة يتم تحويل النسبة المئوية التحليل بالوزن من المجموع المختلف عن ١٠٠ إلى ١٠٠ بالضبط).

(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	العنصر
النسبة المئوية للتحليل	الأوزان الذرية	نسبة الاتحاد	نسب الذرات		
Cu	٢٤.٨٩	÷	٦٣.٥٤	=	٠.٥٤٩
Fe	٢٠.٠٤	÷	٥٥.٨٥	=	٠.٥٣٨
S	٣٤.٥١	÷	٢٢.٠٧	=	١.٠٧٧
	٩٩.٤٤				

ونجد تحت العمودين ٤ ، ٥ نسب اتحاد الذرات في المعدن في هيئة أعداد صحيحة (نسب الذرات) ، وقد حصلنا عليها بقسمة القيم الموجودة تحت (٢) بأصغر قيمة (أى قسمناها على ٠.٥٣٨) ، وفي المثال السابق لمعدن الكالكو بايريت نجد أن هذه النسب تصبح $S : Fe : Cu = 1 : 1 : 2$ ، أى أن قانون الكالكو بايريت هو $Cu Fe S_2$. هذا القانون هو القانون الأول Empirical Formula لأنه يدلنا على نوع وعدد الذرات الموجودة في المعدن بدون أى بيان للطريقة التي تتحد بها هذه الذرات .

وفي حالة المعادن التي تحتوي على أكسجين فإن نتيجة التحليل الكيميائي الكمي تعطي في هيئة نسبة مئوية لأكاسيد العناصر الموجودة في المعدن ، وليس في صورة عناصر . ويرجع السبب في ذلك إلى أنه لا توجد طريقة تحليل كيميائية لتحديد الكمية الكلية للأكسجين في المركب . وتتبع نفس الطريقة السابقة للحصول على القانون الكيميائي للمعادن ، إلا أنه بدلاً من قسمة نسبة التحليل الكيميائي المئوية بالأوزان الذرية فأننا في هذه الحالة نقسمها بالأوزان الجزيئية للأكاسيد المختلفة ، ولتأخذ مثلاً لذلك معدن الجبس :

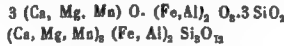
الأكسيد	(١) (٢) (٣)	الوزن الجزيئي	(٤) (٥)	النسبة الجولية
CuO	$56.1 \div 32.44 = 0.578$		1	1
SO ₃	$80.06 \div 46.61 = 0.582$		1	1.006
H ₂ O	$18.0 \div 20.74 = 0.868$		2	1.979

وفي هذا المثال نجد أن النسبة بين الأكاسيد CaO ، SO₃ ، H₂O تساوي النسبة ١ : ١ : ٢ في معدن الجبس . أى أنه يمكننا أن تمثل التركيب الكيميائي لمعدن الجبس بواسطة القانون : $CaO \cdot SO_3 \cdot 2H_2O$ أو $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ أما قوانين المعادن ذات التركيب الأكثر تعقيداً فتحسب قوانينها الكيميائية بطريقة مماثلة ، وبشرط أن ندخل في حسابنا أن هناك بعض العناصر تدخل محل عناصر أخرى في البناء الذري للمعدن (عناصر التشابه الشكلى Isomorphous Elements) مثل هذه العناصر المتشابهة يجب معاملتها كمجموعة ، وليس كل على إنفراد ، (أنظر خاصية التشابه الشكلى في موضوع الخواص الكيميائية البلورية للمعادن ، الباب الخامس ،) والمثال التالى يبين لنا هذه الحالة بشئ من الإيجاز :

معدن الجارنت Garnet :

الأكسيد	(١) (٢) (٣)	الأوزان الجزيئية	(٤) (٥)	نسب الاتحاد النسب الجولية
SiO ₂	$60.1 \div 36.66 = 0.11$		2	2.096
Al ₂ O ₃	41.8	102.0	1	1.000
Fe ₂ O ₃	24.86	159.6		0.197
MgO	24.0	40.3		0.006
CaO	22.89	56.1		0.004
MnO	20	70.9		0.003
TiO ₂	10	79.9		0.000
			2	2.112
				0.113
				1.014

ويلاحظ في هذا المثال أننا جمعنا لسب الاتحاد لأكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديد إلى بعضهما البعض ، وذلك لأن عتصري الألومنيوم والحديد (ثلاثي التكافؤ) يملآن محل بعضهما البعض ، وكذلك تحل عناصر المنغنسيوم والكالسيوم والمنجنيز محل بعضها البعض ، ونتيجة لذلك فقد أضفنا نسبة اتحادها ببعض إلى بعض .
والنتيجة النهائية هي أن نكتب القانون الكيميائي لمعدن الجارنت كالآتي :



والعناصر المحصورة بين الأقواس يمكنها أن تحل بعضها محل بعض . وهناك معادن أكثر تعقيداً من هذه الصورة ، ولا يمكن الحصول على قانونها الكيميائي بهذه الطريقة وما ذلك إلا بسبب التبلور التداخلي Intercrystallization بين مكونتين طرفيتين end members (مركبان نقيان ينوبان في بعضهما البعض بأى نسبة ليكونا مادة متجانسة تركيباً كيميائياً يتدرج بين الطرفين) . مثال ذلك معدن البلاجيوكليز الذى يختوى على كل من الصوديوم والكالسيوم بجانب عناصر الألومنيوم والسليكون والأكسجين ، ونكتب قانونه الكيميائى بالنسبة إلى مكوناته الطرفين ، المركبان النقيان ، وهما « ألبيت » $NaAlSi_3O_8$ ، « أنورثيت » $CaAl_2Si_2O_8$ ، وذلك لأن معدن البلاجيوكليز يتج من التبلور التداخلي للآليت والأنورثيت . ومن أمثلة البلاجيوكليز الناتج نوع ، اسمه أوليجوكليز Oligoclase ، يكتب قانونه الكيميائى هكذا أب ٨ أن ٢ ، .
ونعنى بذلك أن الأوليجوكليز يشكون من ٨٠ جزءاً ألبيت (يرمز له بالرمز أب ٨) ، ٢٠ جزءاً أنورثيت (يرمز له بالرمز أن ٢) .

يوضح الأوليفين مثالا آخر لهذه الحالة . فالأوليفين $(Mg, Fe)_2 SiO_3$ يتكون أساساً من التبلور التداخلي للمكونتين الطرفين فورستريت $Forsterite$ Mg_2SiO_4 [Fo] و فياليت $Fayalite$ Fe_2SiO_4 [Fa] . وعلى ذلك فهناك أوليفين قانونة $For_{80}Fe_{20}$ وآخر $For_{20}Fe_{80}$ ، الخ .

الباب الرابع

الخواص الفيزيائية للمعادن

Physical Properties of Minerals

سبق أن عرفنا المعدن بأنه كل مادة صلبة متجانسة غير عضوية تسكون بفعل عوامل طبيعية ، ويتميز بأن له بناء ذريا منظما وتركيبا كيميائيا محيوا . وقد رأينا في الباب الثاني كيف يظهر البناء الذري المنظم في هيئة بلورة تحددها أوجهه بلورية مرتبة حسب عناصر ثنائية مميزة ، وتميل على بعضها البعض بروايا ثابتة . وأن كل معدن يمكن التعرف عليه وتمييزه عن معدن آخر إذا وجد في هيئة بلورة كاملة الأوجه ، أو حتى في وجود بعض الأوجه . ولكن نظر الآن للمعادن توجد في الطبيعة - في معظم الحالات - في هيئة مجموعات بلورية متجانسة أو غير متجانسة ، وكذلك في هيئة مجموعات معدنية متبلورة ، مثل التوائم ، والبلورات النطاقية ، والمجموعات غير المنتظمة والمجموعات الحبيبية والشجرية والعنقودية الخ ، وفي هذه الأخيرة لا توجد أوجه بلورية على مادة المعدن مما يجعل التعرف على المعدن - اعتماداً على خواص أوجهه البلورية وتوزيعها - مستحيلاً ، لذلك فأننا نلجأ إلى طريقة أخرى للتعرف على المعدن وتمييزه عن غيره . هذه الطريقة هي الاستعانة بخواص المعدن الفيزيائية وهي خواص سهلة التمييز . ولما كانت هذه الخواص تترقق على كل من البناء الذري والتركيب الكيميائي فإنها في مجموعها مميزة لكل معدن . والخواص الفيزيائية التالية التي يمكن حصرها في ستة أقسام يمكن تمييزها في العينات اليدوية hand specimens دون الحاجة إلى الاستعانة بأجهزة خاصة معقدة غالية الثمن .

أما إذا كانت عينة المعدن صغيرة للدرجة لا تسمح بتعيين هذه الخواص الفيزيائية ، أو أن تعيين هذه الخواص الفيزيائية لم يؤد إلى تحقيق المعدن تحقيقاً مؤكداً والتعرف على اسمه ، أو أريد الحصول على معلومات تفصيلية مرتبطة

بالباء النرى والوحدة البنائية ، وأبعادها وخواصها التماثلية ، والخواص
الفيزيائية التفصيلية للمعدن فإننا نلجأ إلى استخدام أجهزة متخصصة للحصول على
هذه المعلومات وتحقيق المعدن ، مثل الميكروسكوب المستقطب (بتوعية المعادن
الشفافة والمعادن المعتمة) ، وحيود الأشعة السينية ، والتحليل الحرارى
التفاضلى ، والتحليل الطيفى الامتصاصى بالأشعة دون الحمراء ، كما سيلي الإشارة
إليه بإيجاز فى ختام هذا الباب .

١- خواص بصرية : Optical properties : وهذه خواص تعتمد على
الضوء ، ومن أمثلتها الريق ، واللون ، وعرض الألوان ، والتضوء ، والشفافية ،
والمخندش .

٢- خواص تماسكية : Cohesive properties : وهذه خواص تعتمد على
تماسك مادة المعدن ومدى مرونتها ، ومن أمثلتها الصلادة ، والانقسام ،
والانفعال ، والمكسر ، والقابلية للطرق والسحب .

٣- خواص كهربائية ومغناطيسية : Electrical and Magnetic properties :
وهذه خواص تتوقف على الكهربائية والمغناطيسية ، ومن أمثلتها الكهرباء
الحرارية ، والكهرباء الضغطية ، والمغناطيسية .

٤ - الوزن النوعى : Specific gravity : أو بمعنى آخر كثافة المعدن
بالنسبة لكثافة الماء .

٥- خواص حرارية : Thermal properties : تضم هذه الخواص أنواع
عدة مثل حرارة التكوين ، وحرارة التبلور ، والتوصيل الحرارى ، والتمدد
الحرارى ، وحرارة الذوبان ، والقابلية للانصهار . ولكن أم هذه الخواص
بالنسبة للتعرف على المعدن هى خاصية القابلية للانصهار Fusibility .

٦ - فروص أخرى ، (غير سائلة الذكر) : مثل المذاق ، واللمس ،
والرائحة ، والنشاط الإشعاعي Radioactivity -

١ - الخواص البصرية : Optical Properties

البريق Luster

وهو عبارة عن المظهر الذى يديه سطح المعدن فى الضوء المنعكس . أو
بعبارة أخرى هو مقدار ونوع الضوء المنعكس من سطح المعدن . والبريق من
الخواص الهامة التى تعرف على المعدن . ويمكن تقسيم بريق المعادن إلى نوعين :
فلزى ولا فلزى . وهناك معادن لها بريق وسط بين الاثنين .

البريق الفلزى هو ذلك البريق الذى تعطيه الفلزات . ومن أمثلة المعادن التى
لها بريق فلزى بريت (FeSs) Pyrite ، وجالينا (PbS) Galena . ومثل هذه
المعادن تكون معتمة وثقيلة الوزن .

أما أنواع البريق الأخرى فتوصف بأنها لافلزية . ونلاحظ أن المعادن
ذات البريق اللافلزى - بصفة عامة - تكون فاتحة اللون ، وتسمح بمرور الضوء
خلالها وخصوصاً فى الأحرف الرفيعة . ويشمل البريق اللافلزى الأنواع الآتية :

بريق زجاجى vitreous or glassy : مثل بريق الزجاج ومن أمثلته بريق
الكوارتز .

بريق ماسى : adamantine : مثل بريق الألماس الساطع . ويعطى هذا
البريق بواسطة المعادن ذات معاملات الانكسار العالية .

بريق راتنجى resinous : مثل سطح ومظهر الراتنج أو السكرمان ، ومن
أمثلته بريق الكبريت ، وسفاليريت (ZnS) Sphalerite .

بريق لؤلؤى Pearly : ويشبه هذا البريق بريق اللؤلؤ ، ومن أمثله بريق التلك (الطلق) $Mg (OH) Silicate$.

بريق حريري silky : مثل الحرير ، وينتج عن المعادن التي في هيئة ألياف ، ومن أمثله بريق أحد أنواع الجبس المعروف باسم ساتنسبار Satinspar .

بريق أرضى أو مطفى Earthy or dull : غندها يكون السطح غير براق أى مطفى ، ومن أمثله بريق معدن الكاولين $[Al (OH) \cdot Silicate]$.

وتبعا لتقدير الضوء المنعكس من سطح المعدن (أى كثافته) يقال للبريق ساطع splendid أو لامع shining أو براق glimmering أو مطفى dull .

اللون Color

ينتج لون المعدن عن طول الموجة أو اللوجات الضوئية التي تنعكس من المعدن وتؤثر في شبكية العين لتعطى الإحساس بالون . ويعتبر لون المعدن من أول الخواص الفيزيائية التي تشاهد ، وسيلة هامة جداً تساعد على التعرف على المعدن بالرغم مما هو معروف من أن اللون لا يمثل صفة أساسية في المعدن ، إذ كثيراً ما يكون اللون نتيجة لشوائب غريبة تصادف وجودها في كيان المعدن . وهناك معادن لها لون ثابت يساعد في التعرف عليها مثل الكبريت (أصفر) والملاكيث $[Cu (OH) Carbonate]$ (أخضر) ، الماجنتيت (Fe_3O_4) Magentite (أسود) ، السبنار (HgS) Cinnabar (أحمر) .

ويجب ملاحظة لون المعدن على سطح حديث خال من التغيرات التي تطرأ على سطح المعدن؛ المكشوف للعوامل الجوية ، مثل الصدأ والتحلل (الأكسدة والكربنة والتموه) ، التي تسبب تغير اللون الأصلي .

أما المعادن التي ليس لها لون ثابت ، أى التي تظهر ألوانا مختلفة في العينات المختلفة ، فيعزى اختلاف اللون فيها إلى أسباب عدة . فقد يكون السبب كيميائياً

هى نتيجة لاختلاف التركيب الكيميائى من عينة إلى أخرى، مثل معدن سفاليريت sphalerite ، الذى يختلف لونه من البنى الأصفر إلى الأسود، وذلك بسبب كثرة الحديد فى هذه الحالة. وقد يكون السبب فى تغير اللون وجود شوائب تعمل على الاصباغ فتصنع المعدن بلون مخالف لونه إذا كان نقياً، ومن الأمثلة المعروفة أنواع الكوارتز الوردى Rose quartz ، والكوارتز البنفسجى Amethyst والكوارتز الأحمر خفى البلور cryptocrystalline المعروف باسم جاسبر jasper إذ تنتج هذه الألوان عن وجود شوائب مثل أكسيد الحديد (اللون الأحمر) أو أكسيد المنجنيز (اللون البنفسجى) ، وللعرف أن الكوارتز التقى شفاف اللون. وقد يعزى التغير فى اللون إلى البناء الذرى للمعدن حيث توجد بعض الروابط bonds بين الذرات «مكسرة»، كما هو الحال فى معدن الكوارتز المدخن Smoky quartz (له لون الدخان).

وقد يكون اللون موزعاً فى المعدن الواحد فى هيئة حلقات أو نطاقات متظلمة حول بعضها البعض مثل معدن أجيت Agate (كوارتز خفى البلور)، تورمالين Tourmaline (سليكات الألومنيوم والبورون والمغنسيوم والحديد).

عرضه للون Play of colors :

يقال للمعدن إنه يظهر عرضاً للألوان عندما يعطى ألواناً مختلفة فى تنايع عندما يدور المعدن ببطء أو عندما تحرك العين بالنسبة إلى المعدن ذات العين أو ذات اليدار. ومن أمثلة المعادن التى تعطى عرضاً للالوان الآمالس (نتيجة لقوة التفرق الضوئى dispersion)، لابرادوريت Labradorite (سليكات الألومنيوم والكالسيوم والهيدروم) نتيجة لانعكاس الضوء من أسطح مكشوفات صفائحية داخل المعدن). وخاصة الأوبال أو الألالة opalescence هى إحدى أنواع عرض الألوان، ويظهرها معدن أوبال Opal ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) فى النوع الذى يستعمل فى الأحجار الكريمة، حيث تنتج الألوان الثلاثة من الانعكاس الداخلى فى المعدن.

أما الصدق *Tarnish* فهو تغير الألوان على السطح نتيجة لتحلل المعدن الأصلي وتكون طبقة سطحية من نواتج التحلل ، أى أن لون السطح يختلف عن لون سطح مكسور حديثاً . ومن أمثلة المعادن التى تظهر الصدق النحاس واليوريت (Cu_2FeS_4) Bornite.

وخاصية عين الحر *Chatoyancy* هى عبارة عن البريق الحربرى المتوج . الذى يتغير باختلاف إتجاه البصر . يظهر مثل هذا البريق المتوج على سطح المعادن ذات النسيج الأليافى (أى وحداتها توجد فى هيئة ألياف) مثل معدن ساتنبار *Satinapar* (الجبس الأليافى) .

التلوه *Luminescence*

يوصف المعدن بأنه متلوه (أى يعطى ضوءاً) إذا حول الأشكال الأخرى من الطاقة إلى ضوء . وينتج التلوه عن التمرض للحرارة أو الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية إلخ . ويختلف لون التلوه عن اللون الأصلي للمعدن ، وألوان التلوه دائماً ألوان باهرة ساطعة . مثلاً ، تغطى بعض أنواع معدن السكاليت *Calcite* عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية ألواناً حمراء باهرة ، أما معدن ويلبيت *Willemite* $[Zn_2SiO_4]$ فإنه يعطى ألواناً أخضر ساطعاً . وعندما تنتج ألوان التلوه أثناء التمرض للمؤثر فقط فإنها تعرف باسم التفلر *Fluorescence* . وقد اشتق اسم هذه الخاصية من معدن فلوريت *Fluorite* $[CaF_2]$ الذى تبدي بعض أنواعه هذه الخاصية . أما إذا استمرت ألوان التلوه عقب زوال المؤثر فإنها تعرف باسم التفسفر *Phosphorescence* . وقد لوحظت خاصية التفسفر منذ حين عندما كانت تظهر بعض المعادن - التى كانت معرضة لضوء الشمس - ساطعة بالألوان جذابة ، بعد نقلها إلى حجرة مظلمة .

وخاصية التفلر أكثر إنتشاراً بين المعادن عن غيرها من أنواع التلوه الأخرى . ومن أمثلة المعادن التى تبدي فى معظم الأحيان خاصية التفلر نذكر - بالإضافة إلى السكاليت والفلوريت والويلبيت - شيليت *Scheelite*

(CaWO_4) ، سكابوليت (Na Ca Al Silicate) Scapolite ، الالماس ،
الارثونيت (Hydrated Ca U Phosphate) Autunite . ولا يمكن التنبؤ
بخاصية التفار إذ نلاحظ أن بعض عينات المعدن الواحد تتلفر ، بينما عينات أخرى
لنفس المعدن لا تتلفر .

وتستعمل الأشعة فوق البنفسجية عادة في الكشف عن خاصية التفار ، ويجرى
الاختبار في مكان مظلم . والاجزء المستخدمة تستعمل عادة مصابيح بخار الزئبق
أو أنابيب الاريجون أو غيرها من مصادر إنتاج الأشعة فوق البنفسجية ، وقد
تكون هذه الاجزء من النوع الثابت الذي يستعمل التيار الكهربائي ، أو من
النوع المتنقل الذي يستخدم بطاريات ، حيث يسهل حمل الجهاز والتنقل به ،
كما يساعد على استكشاف المادن للتفلة داخل الكهوف والمناجم .

الشفافية Transparency

تعتبر هذه الخاصية عن قدرة المعدن على إنفاذ الضوء . تعرف المعادن التي تسمح
برؤية الاجسام من خلالها بوضوح وبسهولة باسم معادن شفافة transparent .
فإذا بدت الاجسام غير واضحة فإن المعدن يعتبر في هذه الحالة نصف شفاف
translucent . أما المعدن المعتم opaque فهو الذي لا يسمح بنفاذ الضوء حتى
خلال أجزءه الرقيقة . ومن أمثلة المعادن الممتعة البيريت ، الجالينا ،
الجرافيت ، الكالكوبيريت .

المرس Streak

يقصد بمخدش المعدن لون مسحوقه الناعم . ويمكن معرفة لون المسحوق
(المخدش) بسهولة بواسطة حك المعدن على سطح لوح من الخرف الابيض اللطيف
يعرف باسم لوح المخدش streak plate ، وملاحظة لون المسحوق الناتج .
وليس من الضروري أن يكون لون المعدن مثل مخدشه ، فمثلا معدن بيريت لونه

كالتحاس الأصفر ولكن مخدشه أسود ، والكروميت $(\text{FeCr}_2\text{O}_4)$ Chromite لونه أسود ومخدشه بني . ولما كان المخدش خاصية ثابتة بالنسبة للعدن الواحد لذلك فإن تعيينه بالنسبة للمعادن ذات الألوان المختلفة يعترف إذا أهمية كبرى ، إذ يساعد كثيراً على التعرف على المعدن . كذلك نلاحظ أن كثيراً من المعادن التي تشترك في لون واحد تختلف في مخدشها ، فمثلاً بعض عينات الماغنيت (Fe_3O_4) والهماتيت (Fe_2O_3) والجوئيت (HFeO_3) تكون سوداء اللون ، ولكن إذا حقننا مخدشها وجدنا الماغنيت مخدشاً أسود ، في حين يكون الهماتيت مخدشاً أحمر ، أما الجوئيت فتجد أن مخدشه أصفر بني .

عندما يكون المعدن صلباً جداً فإنه لا ينخدش على لوح المخدش ليترك أى مسحوق يمكن تمييز لونه ، بل على العكس ربما ينخدش اللوح نفسه . وفي مثل هذه الحالة نكسر قطعة صغيرة من هذا المعدن الصلب ونطحنها طحناً كاملاً ونشاهد لون المسحوق الناتج .

في أحوال خاصة نعمل لوحاً خفياً لامعاً ونشاهد لون الأثر الذي يتركه المعدن عليه ، فقد وجد أن هذا الأثر على اللوح اللامع يساعد في التفرقة بين معدن الجرافيت ذى المخدش الأسود اللامع وبين الموليدينيت Molybdenite (MoS_2) ذى المخدش المائل للخضرة (كلا المعدلين يشبهان بعضهما البعض في كثير من الخواص الفيزيائية) .

٢ - الخواص التماسكية Cohesive Properties

الصلابة Hardness :

الصلابة لفظ يعبر عن مقدار المقاومة التي يبديها المعدن تجاه الخدش والتآكل . ويمكن تعيين درجة الصلابة بملاحظة السهولة أو الصعوبة التي ينخدش بها المعدن بواسطة ديوس أو بصل سكين حاد . وتتراوح درجة الصلادة في المعادن بين تلك الدرجة المنخفضة في معدن التالك Talc الذي يمكن خدشه بواسطة الظفر وتلك الدرجة العالية في معدن الألماس Diamond الذي يعتبر أصلد مادة

معروفة - سواء أكانت طبيعية أم صناعية . وتعتبر الصلادة من الخواص الفيزيائية الهامة للمعدن ، لأنه يمكن تعيينها بسرعة وبذلك تساعد في التعرف على المعدن . ويمكن تعيين صلادة المعدن تعييناً نسبياً ، وذلك بمقارنتها بصلادة المعادن المرتبة تبعاً لزيادة درجة صلابتها في مقياس الصلادة المعروف باسم مقياس موهس للصلادة Mohs scale of hardness الذي يحتوى على عشرة معادن تبتدئ بأقل المعادن صلادة وهو تلك وتنتهى بأكثر المعادن صلادة وهو الألماس ، وبين الاثنين يوجد ثمانية معادن لها أرقام تمثل درجة الصلادة النسبية من ٢ إلى ٩ . وفيما يلي مقياس موهس للصلادة :

Orthoclase	٦ - الأرتوكليز	Talc	١ - التلك
Quartz	٧ - الكوارتز	Gypsum	٢ - الجبس
Topaz	٨ - التوباز	Calcite	٣ - الكالسيت
Corundum	٩ - الكوارندوم	Fluorite	٤ - الفلوريت
Diamond	١٠ - الألماس	Apatite	٥ - الأباتيت

فإذا أردنا معرفة صلادة أى معدن اختبرناه بالظفر أو بتصل الميزة لمعرفة موضعه بين المعادن الأخرى ، ثم نجرب على سطحه المعادن المقاربة له ، حتى نحدد موضعه بين المعدن الذى يتخدشه والمعدن الذى يتخدش به . مثلاً نجد أن معدن البيريت يتخدش معدن الأرتوكليز (٦) ، ولكنه لا يتخدش المعدن الذى يلي الأرتوكليز (يتخدش نفسه بذلك المعدن - الكوارتز) . أى أن صلادة البيريت وسط بين صلادة الأرتوكليز (٦) و صلادة الكوارتز (٧) أى ٦.٥ . فإذا وجد معدنان لهما نفس الدرجة من الصلادة فإنهما يتخدشان بعضهما بالتساوى . وعند صعوبة قياس درجة الصلادة يجب التمييز بين الانخداش الحقيقى وبين المتخدش أى لون المسحوق الناتج من الاحتكاك ، مثل علامه الطباشير مثلاً على السبورة (فلا نقول أن الطباشير أضعف من السبورة) ، فالانخداش صفة ثابتة لا يمكن ضحكها من على سطح المعدن ، ولكن المتخدش يمكن مسحه بسهولة . كذلك يجب أن يكون طول الخدش أقصر ما يمكن ، بحيث لا يريد عن ريع السنتيمتر حتى لا يشوه عينة المعدن .

ويجب ملاحظة أن الأرقام المعطاة للمعادن في مقياس موهس للصلادة تمثل الصلادة النسبية ، إذ ليس حقيقياً أن صلادة الألماس عشرة أمثال صلادة التلك فإنها أكثر من ذلك بكثير ، كذلك ليس حقيقياً أن الفرق بين صلادة معدن والذي يليه في مقياس الصلادة المذكور متساو ومتنظم في كل المقياس ، إذ من المعروف أن الفرق بين ٩ (الكوراندوم) و ١٠ (الألماس) في مقياس الصلادة يفوق بكثير الفرق بين ١ (الترك) و ٩ (الكوراندوم) .

ويسهل تعيين الصلادة ، على وجه التقريب ، باستعمال : الظفر ، قطعة نفوذ نحاسية ، نعل سكين (مطواة) ، قطعة زجاج نافذة ، لوح مخدش ، أو مجرد صلب ، التي لها درجات الصلادة التالية .

الظفر ، حتى ٢.٥	زجاج نافذة ، حتى ٥.٥
عمله نحاسية ، حتى ٣	لوح المخدش ، حتى ٥.٥
نعل سكين ، حتى ٥.٥	مجرد صلب ، ٦ - ٧.٥

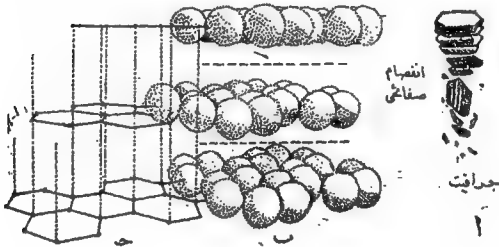
ولما كانت معظم المعادن ذات صلادة أقل من ٦ ، فإن هذا المقياس البسيط يجعل من السهل تعيين الصلادة . على وجه التقريب ، للمعدن سواء أكان ذلك في المختبر أم في الحقل .

وهذا اختبار الأحجار الكريمة *gem* يستعمل بالمو المجوهرات المبردة الصلب أو لا ، فإذا دهن ، البرد (أي عمل خدشاً صغيراً) في المادة المختبرة فإن صلابتها تكون أقل من ٧ . وحيث أن كثيراً من الأحجار الكريمة المقلدة - خصوصاً المصنوعة من الزجاج - لها صلادة أقل من ٧ ، بينما غالبية الأحجار الكريمة الحقيقية لها صلادة أعلى من ذلك ، فإن هذا الاختبار البسيط بواسطة مجرد الصلب يساعد في التفرقة بين النوعين (المقلد والحقيقي) .

وبين الجدول رقم ١ - الجزء الثالث من هذا الكتاب - المعادن الشائعة مرتبة تباعاً لصلادتها .

انقسام Cleavage

هذه هي الخاصية التي بموجبها ينقسم المعدن أو يتشقق بسهولة في اتجاهات معينة، وينتج عنها يبطوح جديدة تعرف بأسم مستويات الانقسام Cleavage planes، وتمثل هذه المستويات أوجه بلورية ممكنة على بلورة المعدن، إذ أن الترتيب الذري الداخلى للبلورة هو الذى يتحكم في تكوين واتجاه هذه المستويات الانقسامية، تماماً كما يتحكم في تكوين واتجاه الأوجه البلورية. ويحدث الانقسام دائماً في المستويات التي تكون فيها الذرات مرتبطة برابط ضعيف، شكل (١٤٧).



شكل (١٤٧) : الانقسام في الجرافيت

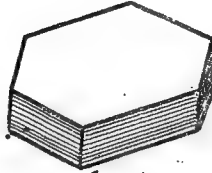
ينقسم المعدن نتيجة لدقة أو ضعفه في اتجاه معين بواسطة حرف فصل سكين حاد. ويوصف الانقسام تبعاً لسهولة حدوثه واكتماله بالصفات التالية : كامل perfect، واضح أو جيد distinct or good، غير كامل imperfect، صعب أو ضعيف difficult or poor. وكذلك يوصف الانقسام تبعاً لاتجاهه البلورى فهناك مثلاً انقسام مكعبى $\{100\}$ (موازي لأوجه المكعب) كما في معدن الجالينا والهايت. أو انقسام ثنائى الأوجه $\{111\}$ (موازي لأوجه ثنائى الأوجه) كما في معدن الفلوريت. أو انقسام معين الأوجه $\{11\bar{1}0\}$ ، $\{1\bar{1}10\}$

(موازي لاسطح معنى الالوجه) كالفى معدن الكالسيت ، أو منشورى {٠١١} (موازي لاسطح المنشور) كالفى معدن الهورنبلند ومعدن الالوجيت ، أو قاعدى {١٠٠} (موازي للسطوح القاعدى) كالفى معادن الميكال Micas ، ومعدن الجرافيت Graphite « شكل (١٤٨) » .

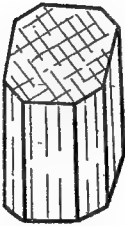
وعند وصف انفصام المعدن يجب ذكر درجة السهولة التى يحدث بها ، وكذلك موضعه البلورى ، فمثلا :

- معادن الميكال لها انفصام قاعدى كامل {١٠٠} ، شكل (١٤٨ - ١) .
- أربوكلير له انفصام قاعدى كامل {١٠٠} ، وانفصام جانبى جيد {٠١٠} .
- أباتيت له انفصام قاعدى ضعيف {١٠٠٠} .
- هورنبلند له انفصام منشورى جيد {٠١١} يتقاطع بزوايا تقرب من ١٢٠° شكل (١٤٠ - ٣) .
- ألوجيت له انفصام منشورى كامل {٠١١} يتقاطع بزوايا تقرب من ٩٠° شكل (١٤٨ - ٤) .
- كالسيت له انفصام معنى الالوجه كامل {١١٠} ، شكل (١٤٨ - ٥) .
- هاليت له انفصام مكعبى كامل {١٠٠} ، شكل (١٤٨ - ٦) :
- كوارتز لا يوجد به انفصام بالمرة .

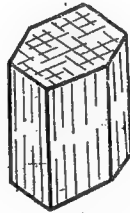
ويدل على الانفصام فى المعدن وجود شروخ أو خطوط منتظمة المسافات والبعد والاتجاهات على سطح ناعم للمعدن ، شكل (١٤٧) ، (١٤٨) . هذه الشروخ أو الخطوط هى عبارة عن الاثر الذى يتركه الانفصام على سطح المعدن وفى هذه الحالات التى نشاهد فيها آثار الانفصام لا يوجد ما يبرر مطلقا تنكسیر عينة المعدن أو محاولة فصلها إلى شرائح بواسطة نصل السكين .



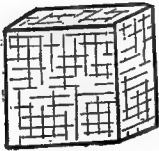
ج - الميكا



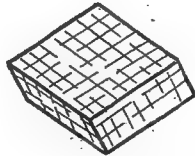
د - الأوبسيت



هـ - الهورنبلند



و - الهاليت

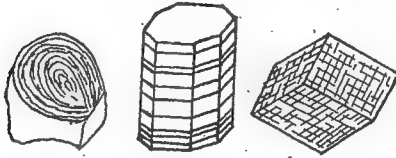


ز - الكالسيت

شكل (١٤٨) : الانقسام في المواد
 ١ : قاعدى . ب د : متقوى .
 ٢ : مائى الأوجه . هـ : مكعبى

او انفصال Parting :

هو مستويات ضعف ، شكل (١٥٠) ، مثل الانفصال إلا أنه لا يكون عموماً نتيجة للبناء القوي الداخلى للمعدن ، بل نتيجة لعوامل أخرى مثل الضغط أو التوائية . ولما كانت هذه المستويات وخصوصاً المستويات التوائية موازية لمستويات بلورية فإن الانفصال يشبه الانفصام . ولكن الانفصال يختلف عن الانفصام في أن الانفصال لا يوجد بالضرورة في جميع عينات المعدن



شكل (١٤٩) انفصام شكل (١٥٠) انفصال شكل (١٥١) مكسر

الواحد ولكن يشاهد فقط في تلك البلورات التوائية أو التي تعرضت إلى ضغط مناسب . وحتى في مثل هذه الحالات التي يشاهد فيها الانفصال فإن عدد مستويات الانفصال في الاتجاه الواحد محدود ، وتعد هذه المستويات الانفصالية من بعضها البعض بمسافات غير متساوية عموماً . ومن أشهر أمثلة الانفصال التي يحدث في المستويات التوائية والتركيبية (مستويات ضعف في البناء) ذلك الانفصال القاعدي basal في معادن البيروكسين ، شكل (١٥٠) ، والانفصال معيني الأوجه rhombohedral في الكوراتوم ، والانفصال ثماني الأوجه octahedral في الماجنتيت .

المكسر Fracture :

يعرف المكسر بأنه نوع السطح الناتج عن كسر المعدن في مستوى غير مستوى الانفصام ، تعطي المعادن التي ليس فيها انفصاماً مكسراً بسهولة ؛ وتتشتمل الصفات التالية في وصفه الأنواع المختلفة من المكسر .
عجاري Conchoidal : عندما يشبه السطح المكسور الشكل الداخلى لصدقة

الحجارة shell ، أى يكون فى هيئة خطوط مقوسة دائرية مثل مكسر قطعة
مبكية من الزجاج ؛ شكل (١٥١) ، ومن أمثله مكسر الكوارتز .

خشن Uneven : عندما يكون السطح الناتج جاف غير منتظم وهو منتشر
بين كثير من المعادن ، مثل البيريت ، والباريت .

مستوى Even : عندما يكون المكسر أملس تقريباً .

ترابى Earthy : سطح غير منتظم يعطى بواسطة المعادن الترابية ، مثل
الكاولينيت ومعادن البوكسيت .

مسن Hackly : عندما يكون السطح الناتج عن الكسر ذا أسنان حادة
عديدة ، مثل مكسر قطعه من النحاس (شظايا القنابل) .

خاصية الطرق والسحب (التماسك) Tenacity

وهى المقاومة التى يديها المعدن نحو الطرق والكسر والطحن والانشاء ، أو
بالاختصار تماسك المعدن . وتستخدم الألفاظ التالية فى وصف الأنواع المختلفة
من تماسك المعادن .

قابل للكسر Brittle : يتكسر المعدن إلى مسحوق بسهولة مثل البيريت .

قابل للطرق Malleable : عندما يمكن طرق المعدن إلى صفائح رقيقة ،
مثل الذهب ، والنحاس ، والفضة .

قابل للسحب Ductile : عندما يمكن سحب المعدن إلى أسلاك ، مثل
الذهب والنحاس والفضة .

قابل القطع Sectile : عندما يمكن قطع المعدن إلى قشور يمكن طحنها
مثل الجبس .

قابل للإنثناء Flexible : عندما يمكن ثني قشور المعدن بالضغط ، وفي هذه الحالة لا يعود المعدن إلى شكله الأصلي إذا زال الضغط ، مثل الكلوريت Chlorite والوليديت ، والجرايت.

مرن Elastic : عندما يمكن ثني قشور المعدن بالضغط ولكن بمجرد زوال الضغط يستعيد المعدن شكله الأصلي مثل اليونيت Biolite والسكوفيت .

٣ - التوامس الكهربائية والمغناطيسية

Electrical and Magnetic properties

الكهرباء الحرارية Pyroelectricity

هي الخاصية التي بموجبها تتكون على الأطراف المختلفة لبلورة المعدن شحنات كهربائية نتيجة لتسخينه ، وتوجد هذه الخاصية في البلورات ذات التماثل الأدنى ، خصوصاً البلورات نصف التماثلية (hemimorphic) أي التي لها طرفان مختلفان نتيجة لعدم وجود مستوى تماثل بينهما) .

يتميز معدن التورمالين من أحسن الأمثلة التي تظهر هذه الخاصية ، وبلورة التورمالين طرفان أحدهما حاد الزاوية وآخر منفرج الزاوية ، فإذا سخنا البلورة فإنه يتولد عند الطرف الحاد شحنات كهربائية موجبة ، بينما يتولد عند الطرف المنفرج شحنات كهربائية سالبة . ويتعرف على السالب من الموجب بواسطة رش البلورة المسخنة بمسحوق مخلوط الكبريت الأصفر وأكسيد الرصاص الأحمر ، فنلاحظ أن أكسيد الرصاص الأحمر يتجذب نحو الطرف السالب التكهرب ، أما الكبريت الأصفر فإنه يتجذب نحو الطرف الموجب التكهرب . وتعمل بلورات التورمالين - نتيجة لخاصية الكهرباء الحرارية - في الأجهزة المستخدمة في قياس درجة حرارة انفجار القنابل .

الكهرباء الضغطية Piezoelectricity

وهي الخاصية التي بموجبها تتكون على أطراف المعدن شحنات كهربائية

نتيجة لضعفه . وتلاحظ الشحنات الكهربائية على الاطراف المختلفة للمحاور البلورية . ومن الأمثلة الهامة لهذه الخاصية معدن الكوارتز الذى يستعمل فى أجهزة الراديو والارسال اللاسلكى للتحكم فى التردد frequency .

المغناطيسية Magnetism

تجذب بعض المعادن إلى المغناطيس الكهربائى القوى إذا قربت منه فى حين تنفر معادن أخرى من المغناطيس . والمعادن الأولى تعرف باسم بارامغناطيسية paramagnetic ، فى حين تعرف الثانية باسم ديامغناطيسية Diamagnetic . وتختلف المعادن البارامغناطيسية عن حيث قوة مغناطيسيتها ، فبعضها قوى مثل ماجنتيت (أحد أنواعه المعروفة باسم حجر المغناطيس Lodestone ويمكنه جذب برادة الحديد) ، والبعض الآخر ضعيف المغناطيسية مثل إلمينيت $(FeTiO_3)$. ومن أمثلة المعادن الديامغناطيسية الكوارتز والكالسيت والورقون . وهذه الخاصية قيمتها وأهميتها عند فصل خامات المعادن وتركيزها ، كما هو مستعمل فى استغلال الرمال السوداء التى تحتوى على الماجنتيت والألميت والجارنت والورقون والمونازيت .

الكثافة والوزن النوعى Density and Specific gravity

الوزن النوعى للمعدن عبارة عن نسبة كثافة المعدن إلى كثافة الماء (الكثافة النسبية) . ولما كانت كثافة الماء عند درجة ٤ مئوية تساوى الوحدة ، فإن الرقم الدال على الوزن النوعى هو بعينه العدد الدال على كثافة المعدن باستثناء أن الوزن النوعى لا يميز له (لأنه يمثل نسبة) أما الكثافة فإنها تميز . فمثلا ، الوزن النوعى للكوارتز يساوى ٢,٦٥ ، أما كثافة الكوارتز فتساوى ٢,٦٥ جم/سم^٣ . يدل الوزن النوعى ، إذن ، على نسبة وزن المعدن إلى وزن حجم مساو له من الماء عند درجة حرارة ٤ مئوية .

$$\frac{و}{و-و} = (\text{ن}) \text{ الوزن النوعي}$$

حيث و = وزن المعدن في الهواء

و = وزن المعدن في الماء

و - و = وزن الماء المواجه

= (وزن حجم مساو للمعدن من الماء)

فمثلاً عندما نقول أن الوزن النوعي لمعدن الكوارتز هو ٢,٦٥ فإننا نعني أن عينة معينة من الكوارتز تزن ٢,٦٥ مرة وزن حجم مساو لها من الماء. والذهب وزنه النوعي ١٩ يعني أن الذهب يزن ١٩ مرة وزن حجم مساو لهذه العينة من الماء. والوزن النوعي خاصية عامة مميزة للمعدن، وهي ثابتة لا تتغير (عند درجة معينة من الحرارة والضغط) طالما أن التركيب الكيميائي للمعدن لم يتغير، فإذا تغير التركيب الكيميائي للمعدن نتيجة لإحلال بعض العناصر محل عناصر أخرى في البناء البلوري الداخلي، مثل إحلال الألومنيوم محل السليكون وإحلال الحديد محل المغنسيوم، فإن قيمة الوزن النوعي للمعدن تتغير تبعاً لذلك الإحلال، وتتراوح بين قيمتين أو نهايتين. فمثلاً، يتراوح الوزن النوعي لمعدن الأوليفين Olivine (سليكات الحديد والمغنسيوم) بين ٣,٢ و ٤,٤ بسبب تغير التركيب الكيميائي للأوليفين، وهل هو غني بالمغنسيوم (٣,٢) أو غني بالحديد (٤,٤)، أما إذا كان يحتوي نسبة وسطا من المغنسيوم والحديد فإن وزنه النوعي سوف يكون عدداً متوسطاً بين ٣,٢ و ٤,٤.

ويختلف الوزن النوعي أيضاً باختلاف طريقة فحص الذرات في البناء البلوري الداخلي للمعدن. فالمعروف أن الذرات قد تعرض نفسها في مادة البلورة إما في هيئة سداسية أو ثلاثية أو مكعبة، ويتبع عن ذلك أن التشتت المكعب، مثلاً، يحتوي في كل حالة على عدد من الذرات يختلف عنه في الحالة الأخرى، وبالتالي يختلف الوزن النوعي من حالة إلى أخرى. ومن أمثلة ذلك الكربون، فقد

توجد ذرات الكربون مرسوسة تبعاً للنظام المكعبى ، [شكل (٦) صفحة (١٣)] ، لتعطى بلورات مكعبة هى معدن الألماس ، ووزنه النوعى ٣,٤٤ ،
أوقد توجد ذرات الكربون مرسوسة بنظام آخر هو النظام السداسى ،
[شكل (٧) صفحة (١٣)] ، فى بلورات معدن الجرافيت ، ووزنه النوعى ٢,٢٥ .

ومن الأسباب التى تؤدى إلى الخطأ فى تعيين الوزن النوعى للمعدن بصفة عامة وجود شوائب مختلطة به ، وكذلك وجود فجوات هوائية ، ولذلك عند تعيين الوزن النوعى لمعدن ما ، يجب التأكد من خلو المعدن من مثل هذه الشوائب والفجوات الهوائية ، كما يجب أن يكون المعدن خالياً من آثار التحلل بفعل العوامل الجوية (التأكسد والكربنة والتآكل) كما يجب على دارس المعدن تحرى الدقة التامة أثناء عملية تعيينه للوزن النوعى للمعدن .

ومن بين الطرق العديدة المستخدمة فى تعيين الكثافة النسبية أو الوزن النوعى للجوادة نذكر الطرق التالية والتى تعتبر مناسبة للمعادن :

١ - طريقة قياس الوزن مباشرة ، حيث يعين الحجم تبعاً لقاعدة أرشميدس كما هو الحال فى استعمال الميزان الكيمى العادى أو موازين خاصة ، مثل ميزان كراوس جولى Kraus-Jolly density balance

٢ - طريقة قياس الوزن مباشرة ، حيث يعين الحجم من وزن السائل المزاج ، كما هو الحال فى قنينة الكثافة المعروفة بإسم البكترومتر .

٣ - طريقة تعيين الوزن النوعى بمقارنته مباشرة بالوزن النوعى لسائل ثقيل عند ما يظل المعدن معلقاً فى السائل Suspension method .

١ - طريقة استعمال الموازين :

يعين الحجم بقياس الفقد الظاهرى فى الوزن عندما تنغمس قطعة المعدن فى سائل مناسب . فى هذه الحالة توزع قطعة المعدن كمية من السائل مساوية لحجمها وتبعاً لذلك ينقص وزن قطعة المعدن ظاهرياً بمقدار وزن السائل

المزاج. فإذا كانت m تدل على وزن قطعة المعدن في الهواء؛ و m' تدل على وزن قطعة المعدن في سائل كثافته ρ ؛ فإن الوزن النوعي ρ_s يكون:

$$\rho_s = \frac{m}{m - m' \rho}$$

ويستخدم الماء عادة كسائل للزاحة، حيث أنه دائماً متوفر، ونظراً لأن كثافته تساوي ١ أو قريباً جداً من ١، فإننا لا نحتاج إلى المعامل ρ في المعادلة السابقة. ولكن في بعض الأحيان نلجأ إلى استخدام سائل آخر بدلاً من الماء الذي قد يذيب المعدن، أو نظراً لخاصية التوتر السطحي $surface\ tension$ العالي للماء التي تؤدي إلى عدم بلل $wetting$ المعدن بدرجة كافية مما يؤدي إلى التصاق فقاعات هواء بسطح المعدن والتي تؤدي بدورها إلى رقم منخفض للوزن النوعي. ولهذا السبب يفضل استعمال سوائل عضوية ذات توتر سطحي أقل من الماء مثل التولوين $toluene$ ورابع كلوريد الكربون.

تعتبر هذه الطريقة أسهل طريقة لتحديد الوزن النوعي للمعادن، ويمكن استخدام الميزان الكيميائي العادي في تعيينها ولو أنه توجد موازن خاصة لتحديد الوزن النوعي للمعدن بدقة وبسرعة وبطريقة مباشرة، وتعتمد أساساً على قاعدة أرشميدس، نذكر منها ميزان $Kraus - Jolly Spring Balance$ شكل (١٥٢). ويتكون هذا الجهاز من الأجزاء التالية:

٢ - أنبوبة رأسية خارجية (١) مثبت فيها ورنية $vernier$ داخلية ثابتة

٢ - أنبوبة مستديرة داخلية (٢) تتحرك دليلاً الأنبوبة الخارجية (١) بواسطة رأس كبيرة حلزونية الحركة $در$. ومثبت على هذه الأنبوبة المستديرة ورنية خارجية متحركة ومقياس مدرج من الجانبين. وعندما تتحرك هذه الأنبوبة الداخلية تحمل معها الورنية الخارجية والمقياس المدرج من الجانبين. ويعمل أحد هذين التدريجين في قراءة مكان هذا المقياس المتحرك بواسطة

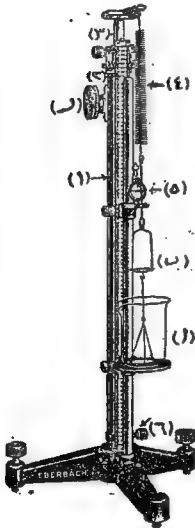
الورنية الثانية في (١) ، أما التدرج الآخر فيستعمل في قراءة مكان السلك الزنبركي بعد غمر المعدن في الماء بواسطة الورنية للتحركة .

٣ — يوجد بداخل الانبوبة المستديرة الداخلية عامود معدني (٣) يمكن تغيير طوله بجذبه من الداخل إلى الخارج وتثبيته عند الطول المناسب . ويحمل هذا العامود السلك الزنبركي (٤) بواسطة ذراع ، ويتدلى في نهاية السلك الزنبركي دليل (٥) [خلفه مرآة بها خط أفقي] ومعلق بالسلك كفتان ١ ، ب .

طريقة الاستعمال :

١ — عند بدء استعمال الجهاز يجب ضبطه بحيث يكون المقياس المدرج والورنيتين والدليل (المعلق من السلك الزنبركي) كلها عند الصفر وأن تكون الكفة السفلى مغموسة في الماء وتوصل إلى هذا الوضع بأن تكيف طول العامود الداخلي الذي يحمل السلك الزنبركي بواسطة اليد ثم تضبطه عند الصفر بواسطة المسار الحلزوني الدقيق micrometer screw الذي يوجد أسفل الزنبرك مباشرة .

٢ — توضع قطعة المعدن في الكفة العليا (ب) ، وتدير الرأس الكبيرة الحلزونية (ر) فتعمل معها الانبوبة المستديرة الداخلية والمقياس المدرج من الجانبين والورنية الخارجية إلى أعلى ، حتى تنبذ الدليل إلى الصفر مرة ثانية وفي هذا الوضع تسجل الورنية الداخلية (ثابتة) القراءة د ، على أحد التدرجين



شكل (١٥٢)

ميزان جول - كراوس
لصين الوزن النوعي للمعادن

وهي تمثل مقدار الاستطالة في السلك الزنبركي نتيجة لوزن قطعة المعدن في الهواء .
ويثبت المقياس المدرج عند هذه القراءة بواسطة مسبار حاروني صغير (٦) عند
الطرف السفلي للمقياس .

٢ - ينقل المعدن بعد ذلك إلى الكفة السفلى (١) حيث يغمس في الماء ،
وتتحرك الأنبوبة المستديرة الداخلية إلى أسفل بواسطة الرأس الكبيرة الحلزونية
(ر) حتى يقرأ الدليل صفراً مرة أخرى . وأثناء هذه العملية تتحرك الورنية
الخارجية (متحركة) إلى أسفل بالنسبة للمقياس المدرج (يثبتاه في المرحلة
السابقة) وتأخذ قراءة هذه الورنية في هذا الوضع ولكن « و » ، على التدريج
الآخر ، وتمثل هذه القراءة مقدار الاستطالة في السلك الزنبركي نتيجة لوزن
المعدن في الماء (أقل من الاستطالة الأولى بسبب ما فقدته المعدن في الوزن نتيجة
لغمسه في الماء) والقراءتين « و » ، « و » مما كل المعلومات اللازمة لحساب
الوزن النوعي للمعدن ، إذ أن :

$$\frac{\text{الوزن النوعي}}{\text{الوزن في الهواء}} = \frac{\text{الوزن في الماء}}{\text{ما يفقده الوزن في الماء}}$$



شكل (١٥٣)

أنبوبة الكثافة (البكنومتر)
لتعيين الوزن النوعي للمعادن

٣ - طريقة استعمال أنبوبة الكثافة أو البكنومتر

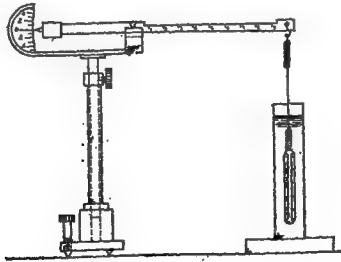
يستخدم البكنومتر pycnometer شكل
(١٥٣) . لتعيين الوزن النوعي للقطع
الصغيرة من المعادن والأجسام الكريهة .
والبكنومتر قنبلة صغيرة من الزجاج لها غطاء
من الزجاج أيضاً ذو ثقب صغير يمر بطول هذا
الغطاء المخروطي الشكل . وفي هذه الطريقة
يساوى وزن الماء المارح حجم قطعة المعدن .
فلذا كانت :

- ن تدل على الوزن النوعي للمعدن .
 ث تدل على كثافة السائل المستعمل (١ في حالة الماء) .
 و_١ وزن البكنومتر خاليا من الماء .
 و_٢ وزن البكنومتر وبداخله المعدن .
 و_٣ وزن البكنومتر وبداخله المعدن وممتلئا بالماء .
 و_٤ وزن البكنومتر ممتلئا بالماء فقط .

$$\text{فإن } N = \frac{\text{ث} (و_٣ - و_١)}{(و_٤ - و_٢) - (و_٣ - و_١)}$$

٣- طريقة استعمال السوائل الثقيلة Use of heavy liquids

يعين الوزن النوعي للمعدن بمقارنته مباشرة بالوزن النوعي لسائل ثقيل .
 والقاعدة في ذلك بسيطة : المعروف أن المعدن الثقيل يسقط إلى القاع إذا غمس في سائل وزنه النوعي أقل من الوزن النوعي للمعدن . فإذا رفعت الوزن النوعي للسائل - ويحدث ذلك ، مثلا ، بأن نضيف سائلا آخر له وزن نوعي أكبر يذيب تماما في السائل الأول - فإنه يمكننا أن نصل إلى درجة من الوزن النوعي للسائل الناتج الجديد بحيث إذا غمس المعدن فيه فإنه لا يسقط ولا يطفو ولكن يأخذ



شكل (١٥٤) ميزان وستفال لتحديد الوزن النوعي للسوائل

مكافأً وبسطاً، أى يظل معلقاً في وسط السائل. في هذه الحالة يكون الوزن النوعى للمعدن مساوياً الوزن النوعى للسائل ويمكن في هذه الحالة تعيين الوزن النوعى للسائل بسهولة وذلك بواسطة استعمال ميزان وستفال *Westphal balance*، شكل (١٥٤)، حيث يوضع السائل المراد تعيين وزنه النوعى في المخبر الذي يتدل فيه الفاعس، ثم توضع أقتال مناسبة على الذراع حتى يبقى الفاعس معلقاً في السائل، والميزان في حالة إيزان. ويقرأ الوزن النوعى من عدد ونوع وموضع الأقتال المستعملة ويكون هذا العدد هو نفسه الوزن النوعى للمعدن. وتستعمل السوائل الآتية في تعيين الوزن النوعى للمعدن.

١ — البروموفورم *Bromoform*، وزنه النوعى ٢.٨٩.

٢ — سائل ثوليت *Thoulet's liquid* (يوريد البوتاسيوم والزنك)، وزنه النوعى ٣.١٧.

٣ — يوريد الميثيلين *Methylene iodide*، وزنه النوعى ٣.٢٢.

٤ — محلول كليريشى *Clerici's solution* (مالونات وفورمات التاليوم)، وزنه النوعى ٤.

• والمعروف أن السائلين (٢) و (٤) يمكن تخفيفهما بواسطة إضافة الماء إليهما وبذلك يقل وزنها النوعى، ويستعاد تركيزهما بتبخير الماء. أما السائل الأول (١) فإنه يخفف بواسطة الكحول النقى، بينما يخفف السائل الثالث (٣) بواسطة البنزول أو الأنثر.

وللوزن النوعى أهمية كبرى في التفرقة بين المعادن. وبعد شيء من المرات يمكن أن يشكون لجيولوجى المعادن خبرة وسرعة في تقدير الوزن النوعى للمعدن بصفة تقريبية بواسطة اليد، فنقول أن المعدن ثقيل أو متوسط أو خفيف كما في التقسيم التالى الذى يساعد في التعرف على المعدن:

المعدن خفيف إذا قل وزنه النوعى عن ٢.٤، مثل الجرافيت.

المعدن متوسط إذا كان وزنه النوعى بين ٢.٤ و ٢.٨، مثل الكوارتز.

المعدن ثقيل إذا كان وزنه النوعى بين ٢.٨ و ٣.٠، مثل الباريت.

المعدن ثقيل جداً إذا كان وزنه النوعى أكبر من ٣.٠، مثل الذهب.

وإذا أريد تعيين الوزن النوعى بدقة فلا بد من استعمال أى من الطرق سالفه الذكر . ويبين جدول رقم (٤) - الجزء الثالث من هذا الكتاب - المعادن الشائعة مرتبة تبعاً لوزنها النوعى .

ويستفاد من اختلاف الوزن النوعى فى فصل المعدن والخامات المعدنية وتركيزها . وتستغل الطيعة أيضاً هذا الاختلاف فى الوزن النوعى فى فرز المعادن sorting . وتجميعها فى أماكن مختلفة، كل بحسب وزنه النوعى . فمثلاً، للمعادن الثقيلة لانتقل مسافات كبيرة وتركز بالقرب من مصادرها الأصلية ، أما للمعادن الخفيفة فيمكن السبول أو المياه الجارية أو حتى الرياح أن تنقلها إلى مسافات بعيدة عن مصادرها الأصلية وبذلك تفصلها عن المعادن الثقيلة .

وأثناء تبلور magma - أى المادة المصهورة التى تتكون منها المعادن والصخور النارية - ترسب المعادن الثقيلة إلى القاع بينما تطفو المعادن الخفيفة وتبقى بالقرب من الجزء العلوى للجسم المتبلور .

٥ - الخواص الحرارية Thermal properties

قابلية المعادن للانصهار Fusibility

إذا عرضنا قطعة صغيرة من المعدن لما حروف حادة للهب بواسطة ملقاط ، نلاحظ أن بعض المعادن تنصهر فى لهب الشمعة ، فى حين لا تنصهر معادن أخرى فى مثل هذا اللهب ، ولكنها تنصهر فى لهب مصباح بنزن ، ومعادن ثالثة تنصهر فقط فى لهب البورى (لهب البنزن الممزوج بكمية من الهواء) . ومعادن رابعة تستدير حوافها فقط فى لهب البورى ، ومعادن أخيرة لا تنصهر بالمرة ولا تتأثر بلهب البورى ، وتعرف هذه الخاصية باسم قابلية المعدن للانصهار .

وتعيين درجة الانصهار للمعادن من الأمور الصعبة ، وليس له أهمية كبيرة فى التعرف على المعادن ، ولكنه ذو فائدة وأهمية فى الدراسات النظرية والبروتوجرافية (دراسة الصخور) . أما لغرض التعرف على المعادن بسرعة فستكتفى عادة بتعيين قابلية الانصهار النسبية ، ويستعمل لهذا الغرض مقياس القابلية للانصهار Scale of fusibility الذى حققه فون كوبل ، جدول (٢٠) .

رقم	المعدن	الدرجة الانصهار بالتقريب	ملاحظات
١	سقيت	٥٢٥ °م	ينصهر بسهولة في لبب الصمعة.
٢	كالكوهريت	٨٠٠ °	تصهر قطعة صغيرة منه في لبب البتون،
٣	جارت	١٠٥٠ °	لا ينصهر في لبب البتون ولكن ينصهر في لبب البورى .
٤	أكتينوليت	١٢٠٠ °	تنصهر حافة رقيقة من المعدن بصعوبة في لبب البورى .
٥	أرثوكيز	١٣٠٠ °	تستدير حواف القطع الصغيرة بصعوبة في لبب البورى .
٦	برونزيت	١٤٠٠ °	لا ينصهر في لبب البورى وتستدير الحواف بصعوبة .
٧	كوارتز	١٧١٠ °	لا ينصهر بالمرة في لبب البورى .

جدوله (٢٠) : مقياس لابلية المعادن الانصهار

٦ - خواص فيزيائية أخرى :

هناك خواص أخرى لم يرد ذكرها في أى من الأقسام السابقة مثل اللون foot والرائحة odour والمذاق taste . وهذه الخواص ولو أنها ليست شائعة أو مميزة في كثير من الحالات إلا أنها تكون في بعض الحالات مميزة وتساعد على التعرف على المعدن . ومن الأمثلة المعروفة للمذاق المالح لمعدن الهاليت . ومن أمثلة الرائحة تلك الرائحة الكبريتية Sulfurous (رائحة ثاني أكسيد الكبريت) الناتجة من حك معدن بيريت FeS_2 Pyrite أو تسخين كثير من المعادن الكبريتيدية ، ورائحة الثوم garlic الناتجة من حك أو تسخين معدن أرسينوبيريت $FeAsS$. ومن أمثلة الملحس ذلك الملحس الصابوني أو الدهني لمعدن التلك ، أو قد يكون الملحس بارداً مثل سطح الفلزات والأحجار الكريمة ، أو قد يكون خشياً (مثل ألياف الخشب) مثل معدن سبودومين spodumene (سليكات الألومنيوم والليثيوم)

أما خاصية النشاط الإشعاعي Radioactivity فتنتج عن احتواء المعدن لبعض العناصر المشعة مثل اليورانيوم أو الثوريوم ، وفي هذه الحالة يصدر عن المعدن إشعاعات radiations لانزاعها أو انشعابها ، ولكن إذا عرض المعدن لوح فوتوغرافي حساس فإن هذه الإشعاعات تؤثر على اللوح ، وتترك أمرا وصورة المعدن المشع بعد تعريض اللوح الحساس autoradiograph ولذلك يمكن الكشف عن هذه المعادن المشعة بواسطة الألواح الفوتوغرافية الحساسة أو بواسطة أجهزة خاصة تتأثر بهذه الإشعاعات وتحولها إلى صوت يمكن سماعه بسماعة الجهاز ، أو تحوله إلى وميض ضوئي يمكن رؤيته . ومن أمثلة هذه الأجهزة عداد جيجر Geiger counter ، وهو جهاز صغير سهل الحمل في اليد ، ويساعد كثيرا في الكشف عن خامات المعادن المشعة على سطح الأرض .

والمعروف أن ذرات اليورانيوم والثوريوم تتحلل تلقائيا في الطبيعة وكذلك ذرات نظائر البوتاسيوم ٤٠ والروبيديوم ٨٧ . فأما ذرات اليورانيوم والثوريوم فإنها تتحول في النهاية إلى رصاص وغاز الهيليوم ، كما يتضح من المعادلات الآتية : -



أما البوتاسيوم المشع فيتحول إلى كالسيوم وغاز الأرجون . كما في المعادلة:



بينما يتحول الروبيديوم المشع إلى استرونتيوم



ولما كان معدل التحول من نظير إلى آخر معروف . بالنسبة للعنصر المشع ، فإنه يمكن بعملية حسابية تقدير عمر المعدن (وبالتالي عمر الصخر الذي يحتوي هذا

المعدن) . وقد أمكن تقدير عمر أقدم الصخور على سطح الأرض بحوالى ٣.٩ بليون سنة ، بينما قدر عمر بعض النيازك meteorites التى هبطت على الأرض من الفضاء بحوالى ٤.٦ بليون سنة . كما قدر عمر الحصىات الصخرية التى جمعت من مادة القمر بحوالى ٤.٦ بليون سنة . وهذا يعنى أن عمر المادة الصلبة فى النظام الشمسى Solar system الذى يضم الكواكب والاقمار ومن بينها الأرض وقمرها Moon هو حوالى ٤.٦ بليون سنة .

خواص فيزيائية للمعادن باستعمال أجهزة خاصة

هناك مجموعة أخرى هامة من الخواص الفيزيائية التى تساعد فى تحقيق المعدن - بل وتؤكد تحقيقه فى كثير من الأحوال وتمدنا بمعلومات تفصيلية عن طبيعة المعدن - يتم تعيينها عن طريق استخدام أجهزة خاصة ، وفى هذه الحالة لايتطلب الأمر الحصول على عينات يدوية كبيرة للمعدن ، بل فى كثير من الأحيان لاتتطلب كمية المعدن - موضع الاختبار - جراماً أو بعض مليجرامات . وتقتصر تفاصيل هذه الطرق المراجع المتقدمة فى علم المعادن ، ولكن لفرض إحاطة سريعة بهذه الطرق يمكن تلخيصها تحت العناوين الآتية :

١ - خواص بصريّة ميكروسكوبية Optical microscopic properties

يقوم الميكروسكوب أساساً بعملية التكبير لصور الأجسام التى ترى من خلاله . وتتراوح نسبة التكبير للصورة ما بين جفترين ومائة مرة تبعاً لقوة العدسات الشيئية والعينية المستخدمة فى الميكروسكوب . وقد تصل قوة التكبير إلى أكثر من ألف مرة فى حالة استخدام وسط رقيق بين الشيئية وسطح المعدن بدلاً من الهواء . ويختلف الميكروسكوب الجيولوجى عن الميكروسكوب البيولوجى فى أن له مسرحاً stage يتحرك دائرياً rotating حول محور الميكروسكوب ، وليس ثابتاً (كما هو الحال فى الميكروسكوب البيولوجى) ، كذلك

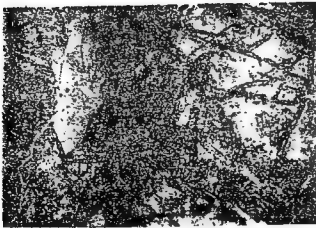
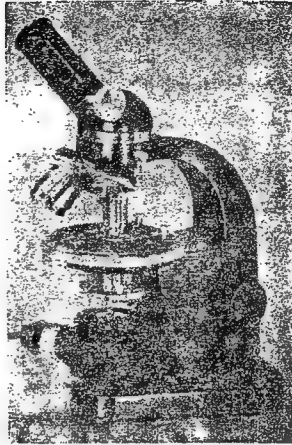
يوجد في الميكروسكوب الجيولوجي أجهزة مستقبلية للضوء وعدسات إضافية ، كل ذلك لكي يناسب الميكروسكوب دراسة للمعادن والصخور (خريطة المعادن) وهي مواد صلبة متبلورة تتفاعل مع الضوء المرئي أو الساقط على أسطحها للصعولة بطريقة تختلف تماما عن المادة الحية التي تتكون منها الكائنات الحية نباتية كانت أم حيوانية . ونتيجة لذلك يساعد الميكروسكوب الجيولوجي في التعرف على الخواص البصرية التفصيلية للمعادن التي يستحيل التعرف عليها بالعين المجردة .

والمعادن - كما سبق أن ذكرنا تحت عنوان الشفافية - إما أن تكون منفذة للضوء transparent ، مثل الكوارتز والتورمالين والجبس والكالسيت ،

وفي هذه الحالة نستعمل الميكروسكوب البترولوجرافي The petrographic microscope (يعرف أيضا باسم الميكروسكوب المستقطب Polarizing microscope) ، شكل (١٥٥) ، حيث تتمكن من تعيين خواص بصرية مميزة للمعدن مثل معامل الانكسار refractive index ، والتغير اللوني والانطفاء والزاوية البصرية في معادن الأظلال الثلاثة (المعنى القائم والميل الواحد والميل الثلاثة) . هذا بالإضافة إلى تفاصيل العلاقة بين الحبيبات والبلورات المكونة للصخر (في المقطع الرقيق) وهو ما يعرف باسم النسيج Texture شكل (١٥٦) . ويمكن تلخيص الخواص البصرية والمعدنية التي يمكن مشاهدتها وتحقيقتها بالميكروسكوب البترولوجرافي (الميكروسكوب المستقطب) في حبيبات وبلورات المعادن المكونة للصخور والرواسب المعدنية المختلفة والتي قد تصل أبعادها إلى أقل من ميلليجتر (مما لا يمكن مشاهدته بالعين المجردة) فبا إلى :

- ١- هيئة البلورة habit (منشورية . هرمية . إبرية ، الخ) .
- ٢- الانقسام ، الانفصال ، الشروخ .
- ٣- التضاريس ، الحدود البصرية ، معاملات الانكسار .
- ٤- المكتشفات (المحتويات) inclusions والتحلل ونواتجه .
- ٥- التوأمة twinning وقوانين التوائم .
- ٦- خواص بصرية مثل ألوان التداخل والانطفاء وعلامة الاستقطاب وصور التداخل والعلامة البصرية والتفرق وهذه كلها تتوقف على فصيلة المعدن .

شكل (١٥٥)
الميكروسكوب البؤجى جرافى
(المستطلى) يستخدم فى
دراسة المادى النفاذة للضوء
وفى دراسة الصخور فى
مقاملها الرقيقة باستفهام
الضوء النافذ - وفى الصورة
الكبرى للمعدن يمكن
دراسة الخواص البصرية
للمعدن بالتفصيل وبالتالى
تحقيق المعدن والمعدن
(ميكروسكوب البؤجى جرافى)



شكل (١٥٦)
صورة ميكروجرافية لثمن
رقيق لبلورات الكوارتز (بيض)
ولد تشكلت وامتلأت الشقوق بمعدن
الباريت (رصاصى داكن) من
أحد عروق الكوارتز الحامضة لباريت
بمنطقة أسوان (لوة التكبير
٢٢ مرة)

أما بالنسبة للمعادن المعتمة opaque أى غير المنفذ للضوء ، مثل الذهب والجالينا والكالكوبريت وسفاليريت وموليدنيت وهى معادن مكونة لخامات فلزيات الذهب والرماس والنحاس والزنك والموليدنوم ، على التوالى ،

فإننا استعملنا فى هذه الحالة ميكروسكوب الخامات The-Ore Microscope شكل (١٥٧) حيث يسقط الضوء - بواسطة جهاز ضوئى عاكس فى الميكروسكوب - عموديا على سطح المعدن المعتم المصقول جيدا (فى العادة ذى يريق فلزى أو شبه فلزى) ليرتد ثانياً إلى العين مكونا صورة مكبرة للسطح الذى سقط عليه حيث تظهر فى الصورة مجموعة المعادن المعتمة الموجودة فى العينة ونسيجها ، شكل (١٥٨) . كما يتسنى لنا بالاستعانة بأجهزة إضافية توصل بالميكروسكوب من تعيين خواص فيزيائية للمعدن المعتم مثل خاصية الانعكاسية reflectivity (أو بعبارة أخرى تعيين خاصية الريق بطريقة كمية quantitative) والصلادة الدقيقة microhardness (تعيين الصلادة بطريقة كمية) وذلك لحييات المعدن والنمى قد لا يتجاوز أبعاد بعضها عن ميلليمتر أو بعض ميلليمتر وذلك بفضل قدرة الميكروسكوب على التكبير magnification والتوضيح resolution . ولا يغفل عن دراسة المعادن الاقتصادية من مثل هذا الميكروسكوب والأجهزة الإضافية المتصلة به .

ويمكن تلخيص الخواص البصرية والمعدنية التى يمكن مشاهدتها وتحقيقتها بميكروسكوب الخامات (الميكروسكوب العاكس) فى حبيبات وبلورات المعادن المعتمة المكونة للخامات المعدنية ore minerals فيما يلى :

- ١ - هيئة البلورة habit (نصلية ، مفشورية ، متساوية الأبعاد ، الخ)
- ٢ - الانقسام ، الانفصال ، الشروخ ، التجاريس .
- ٣ - الصلادة (صلادة الخدش) ، الصلادة الدقيقة indentation .
- ٤ - الانعكاسية (نوع وكمية الضوء المنعكس من سطح المعدن المصقول)
- ٥ - المكتشفات (المحتويات فى الحبيبات) ، التحلل .
- ٦ - التوامية وخواص بصرية أخرى .
- ٧ - اختبارات كيميائية بجمرية واختبارات تأييد الكيماءات المختلفة

على المعادن المختلفة Rich tests .

شكل (١٥٧)
ميكروسكوب
الثلاث : يستخدم في
كراسة المادن النعمة
بأستعمال الضوء الساطع
عموديا على سطح المعدن
المصفول .
(ميكروسكوب
زايس أوبركوشن)
(Zeiss Oberkochen).



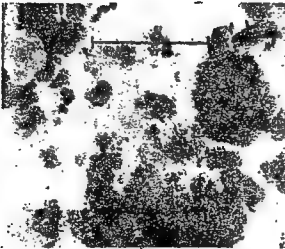
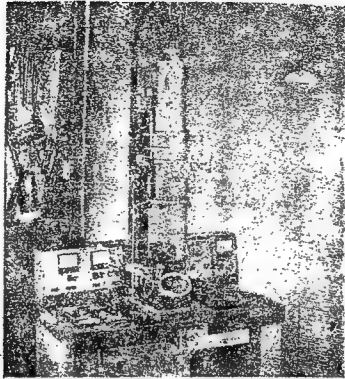
شكل (١٥٨)
صورة ميكروجرافية
لسطح مصقول لجبهة من
حببات الهيماتيت الموجود
في الحجر الرملي النوري من
جنوب الصحراء المغربية
للصربية وتوضح هياكل
(إيش) ولليفت (رسامي)
وقد انفصلا عن تجميد المحلول
(تكبير ١٢٠٠ مرة)

٢ - خواص ميكروسكوبية إلكترونية Electron Microscopy

يستخدم في الميكروسكوب الإلكتروني ، شكل (١٥٩) ، بصيص Beam من الإلكترونات المتدفقة تحت جهد كهربائي كبير (من ٤٠ إلى ١٠٠ كيلو فولت) من قتل من التجسّس المسخن ، ويكون لها طول موجي في حدود ٠.٥ من الأنجستروم (أي جزء من مائة ألف جزء من طول الموجات المستخدمة في الميكروسكوب العادي) . وبدلاً من استخدام عدسات زجاجية في الميكروسكوب العادي يستخدم الميكروسكوب الإلكتروني عدسات مغناطيسية تقوم بتركيز بصيص الإلكترونات عن طريق مجالاتها المغناطيسية . ويعمل الميكروسكوب في نظام مفرغ من الغازات والأبخرة Vacuum system والذي يراوح ضغطه ما بين جزء من ألف إلى جزء من مائة ألف من المليمتر زئبق (الضغط الجوي يعادل ٧٦٠ مليمتر من الزئبق) ويقوم بهذا التفريغ طلمبة غازية خاصة بالجهاز .

يقوم الميكروسكوب الإلكتروني ، شكل (١٥٩) - في مجال علم المعادن - بدراسة الظواهر المورفولوجية للحيات المعدنية دقيقة البلور . وتؤدي هذه الدراسة إلى كشف التفاصيل في البناء الدقيق للمعادن ، والذي قد يصل في صغره إلى ما يقرب من عشرة أنجستروم (جزء من عشرة ملايين جزء من المليمتر) . وعلى ذلك فإن الميكروسكوب الإلكتروني يقوم في المقام الأول بعملية التكبير ، شكل (١٦٠) ، وبالتالي توضيح التفاصيل الدقيقة ، وتصل قوة التكبير بالميكروسكوب الإلكتروني إلى مائة ألف مرة أو يزيد . وهناك نوع متطور من الميكروسكوب الإلكتروني يعرف باسم الميكروسكوب الإلكتروني المساح Scanning electron microscope ، ويتميز عن الميكروسكوب الإلكتروني العادي بإمكاناته الكبيرة لتكبير المساحات أكبر من سطح الجسم المراد تصويره وبذلك يتيح لنا دراسة واضحة مكبرة تبدو وكأنها مجسمة في الأبعاد الثلاثة مما يساعد على تحقيق الحيات المجهرية الدقيقة جداً والتعرف على مكوناتها وهيئتها وأشكالها .

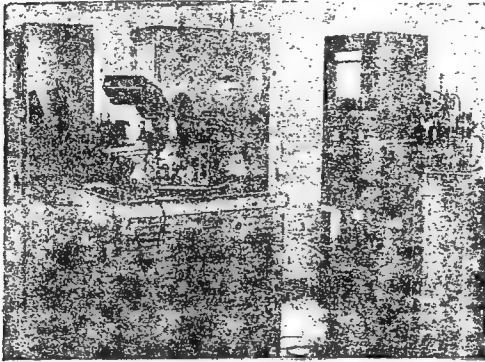
شكل (١٥٩)
الميكرو سكوب
الالكترونى يقوم بدراسة
الطواهر المولودجية
للحبيبات المعدنية دقيقة التبلور
حيث تبدو التفاصيل واضحة
في صورة تبلغ درجة التكبير
فيها مائة الف مرة أو يزيد
(AEI, England)



شكل (١٦)
صورة لحبيبات معدن
كاولايت من العنقة المصرية
المصرية (من العصر
الكريتايى «الطباشيرى»)
مكبرة ثلاثون الف مرة
(٣٠٠٠٠) بالميكرو سكوب
الالكترونى

٣- خواص مبرود الرسعة السينية: X-Ray diffraction

يستخدم في تعيين هذه الخواص جهاز تحليل بالأشعة السينية . شكل (١٦١) .

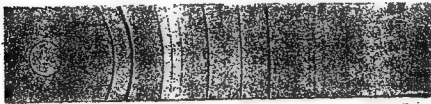
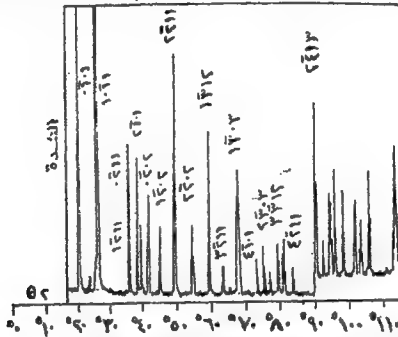


شكل (١٦١) : مختبر مجهز بمجهرين لتحليل المعادن بالأشعة السينية

حيث تولد الأشعة السينية ، التي يتراوح طول موجاتها من ٠.٢ ر. إلى ١٠٠ وحدة أنجستروم ، نتيجة لارتطام الإلكترونات الصادرة من فتيل ساخن تتجسنت (الكاثود) المتدفقة تحت جهد عال (٤٠ كيلو فولت) بفلو الأنود (Target) الذي قد يكون تجسنت أو حديد أو موليبدنوم أو نيكل . وتترقب طول الموجات الناتجة على نوع فلو الأنود . وفي المادة تستخدم الموجات التي يقرب طولها من واحد أنجستروم فهي دراسة البناء الذري للمعادن والتعرف عليه . فحينئذ أننا نستخدم في الميكروسكوب الجيولوجي موجات الضوء التي يتراوح طولها بين ٤٠٠٠ ، ٧٢٠٠ أنجستروم .

وتبعاً لقانون بلانك Planck's law نجد أن موجات الأشعة السينية أكبر طاقة وتمتص من موجات الضوء المنظور .

ولما كان طول موجات الأشعة السينية يتناسب مع أبعاد المسافات بين المستويات الذرية في البناء البلوري للمعادن (كلاهما يقاس بوحدة أنجستروم) فإن هذا يؤدي إلى حيود الأشعة السينية بمجرد مرورها في بلورات المعادن لتنتج لنا صوراً أو تسجيلات لحيات ، شكل (١٦٢) تعبر تعبيراً صادقاً - بعد تحليلها بطرق علمية خاصة - عن البناء الذري المنتظم للبلورة المعدن، ووضع الاختبار ، مما يؤدي إلى تحقيق المعدن والتعرف عليه ، بل ويتعدى الأمر إلى إمكانية تعيين

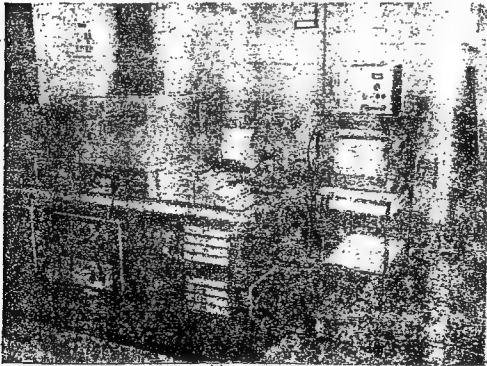


شكل (١٦٢) صورة فيلم لحيود الأشعة السينية لمسحوق السكواوترز (الصورة السفلى) ومقارنة بتسجيل يمان لشدة حيود الأشعة (الصورة العليا) للتمسكة من المستويات الذرية في بلورة السكواوترز. وبين عليها دليل المستوى البلوري الذي أعطى الانعكاس قرين كل .

الأبعاد المطلقة للوحدة البنائية unit cell التي تتكون منها بلورة المعدن ، وعناصر التماثل المعبرة عن توزيع الذرات داخل الوحدة البنائية ، وأخيراً تعيين مواقع الذرات داخل الوحدة البنائية - أي تعيين البناء الذري Crystal Structure للمعدن - وهو ما يصبو إليه عالم المعادن .

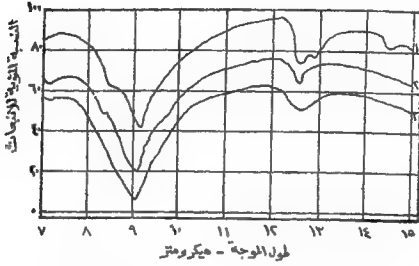
٤- خواص الوعدة المكونة للنس الخامس المعدن:

(سليكات، فوسفات، كربونات، تترات، كبريتيدات، النع)
يستخدم لهذا الغرض جهاز التحليل الطيفي الامتصاصي بالأشعة تحت الحمراء
Infrared absorption spectroscopy ، شكل (١٦٣) . والأشعة تحت
الحمراء المستخدمة في هذا الجهاز ذات موجات أطول من الموجات الحمراء (نهاية
الطيف الضوئي المنظور) وبالتالي لها طاقة أقل منها (تبعاً لقانون بلانك)
وهذه الموجات ينتج عن تفاعلها (excited) بمجموعات الذرات والجزيئات
الداخلة في التركيب الكيميائي للمعدن (والمواد الصلبة بصفة عامة) أنماط
خاصة من الذبذبات والدورانات ، تسجل في لوحة يانوية في الجهاز في هيئة
منحنيات ذات أشكال معينة . هذه المنحنيات هي صورة ، أو بصمة ،
شكل (١٦٤) ، للقانون التركيبي للمعدن وذلك دون اللجوء إلى الاختبار أو
التحليل الكيميائي . ونظراً لتناسب أطوال الموجات تحت الحمراء المستخدمة



شكل (١٦٣) : جهاز التحليل الطيفي الامتصاصي بالأشعة تحت الحمراء (لايتز Leitz)

مع أبعاد الذرات والجزيئات ، فى الوحدة الكيميائية فى تركيب المعدن ، فإن الصورة ، الناتجة عن عملية امتصاص الطاقة الموجية المستخدمة بواسطة الوحدة الكيميائية تعتبر نموذج لهذه الوحدة الكيميائية وبالتالى تساعد فى تحقيق المعدن ، شكل (١٦٤) .

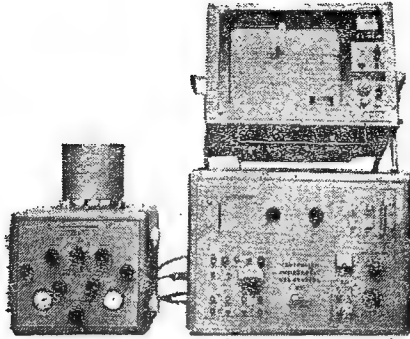


شكل (١٦٤) : طيف الانعكاس بالأشعة تحت الحمراء لمعدن السليكا :
(١) كوارتز (٢) كرسوف (٣) ألومنيوم .

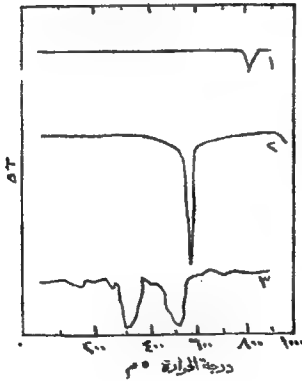
٥ - فحوص التحليل الحرارى التفاضلى

Differential Thermal Analysis (D.T.A.)

يستخدم فى هذا الاختبار جهاز التحليل الحرارى التفاضلى ، شكل (١٦٥) ، ويتم فى هذه التجربة تسخين مسحوق المعدن تسخيناً متدرجاً منتظماً فى فرن كهربائى إلى ما يقرب من ألف درجة مئوية أو يزيد . ويسجل ما يحدث من تغيرات فى البناء النوى للمعدن وتركيبه الكيميائى وذلك بالمقارنة بمسحوق كيميائى خامل لا يتأثر بالتسخين . عن طريق استخدام توصيلة كهربائية بين الاثنين من نوع مايمسرف باسم " differential thermocouple " . ويظهر هذا التسجيل فى صورة منحنى . شكل (١٦٦) ذى قمم عليا (إعطاء حرارة) وقيعاد سفلى (امتصاص حرارة) ولما كان لكل معدن منحنى مميز . فإنه يقضى بذلك تحقيق المعدن .



شكل (١٦٥) جهاز التحليل الحراري التفاضلي (Stone - U.S.A.)



شكل (١٦٦) منحنيات
التحليل الحراري التفاضلي
لبعض المواد المالينية :
(١) هاليت، (٢) كربوليت،
(٣) ألتاكاميت .

الباب الخامس

الخواص الكيميائية البلورية للمعادن (العلاقة بين التركيب الكيميائي والبناء الذرى للمعادن)

Crystal Chemistry of Minerals

لاحظنا عند دراسة الخواص البلورية للمعادن كيف أنه توجد معادن تتداخل بلوراتها أثناء النمو لتكون بلورات لطافية zonal growths ، وأن هذه البلورات المتداخلة بالرغم من أنها مختلفة في التركيب الكيميائي إلا أنها متشابهة في كل من الشكل البلورى والبناء الذرى ، ومعنى هذا أن الذرات ولو أنها مختلفة من الناحية المادة إلا أنها متشابهة في حجمها ، وفى مواضعها داخل البلورة وبذلك يمكنها أن تحل محل بعضها بما يدل على وجود علاقة بين التركيب الكيميائي والبناء الذرى (أو الشكل البلورى) للمعادن .

وقد رأينا كذلك ، كيف يتغير الوزن النوعى للمعدن — لاعل أساس اختلاف التركيب الكيميائي كما هى القاعدة والأصل — ولكن على أساس اختلاف ترتيب الذرات داخل بناء البلورة . وهذا الاختلاف ليس قاصراً على الوزن النوعى لحسب ، ولكنه يمتد إلى جميع الخواص الفيزيائية الأخرى للوادر ذات البناء الذرى المختلف ، أو بمعنى آخر يمكن أن توجد المادة الكيميائية الواحدة فى أكثر من شكل بلورى واحد . وهذه علاقة أخرى بين التركيب الكيميائي والبناء الذرى (أو الشكل البلورى) للمعادن .

هذه أمثلة مرت بنا وتشير إلى وجود علاقة من نوع أو آخر بين التركيب الكيميائي والبناء الذرى للمعدن . مثل هذه العلاقة الكيميائية البلورية كانت معروفة منذ وقت طويل ، ولكن نظراً إلى أهميتها الكبيرة فقد كرس لها أبحاث ودراسات كثيرة فى السنوات الأخيرة ، مما جعلها تتمثل لتكون علماً جديداً يعرف بإسم الكيمياء البلورية Crystal Chemistry وهو علم متفرع يختص بمعظم محتوياته بتطبيقاتها وحلولها للمعادن ومشاكلها المختلفة ، وارتباط خواصها الفيزيائية بالتركيب الكيميائي والبناء الذرى .

ومن الأسباب التي حدث بنا إلى دراسة هذه العلاقات الكيميائية البلورية ، وفهمها على أساس علمي صحيح ، الملاحظات والأسئلة المحيرة التي نتجت عن محاولتنا تصنيف المعادن على أساس تركيبها الكيميائي ، ففي هذا التصنيف الكيميائي للمعادن نجد المعادن مصنفة إلى أقسام على أساس الشق الحامضي أو المجمعرة الحامضية الموجودة في المعدن ، أي صنف المعادن إلى كبريتيدات ، أكاسيد ، كلوريدات ، كربونات ، كبريتات ، فوسفات ، سليكات .

وفي مثل هذه الحالات التي ننظر فيها إلى المعادن من زاوية واحدة ، ألا وهي التركيب الكيميائي - تصادفنا أسئلة محيرة من النوع الآتي :

لماذا تنشأ المعادن كثيراً في خواصها عن الخواص التي تتوقعها لها على أساس التركيب الكيميائي فقط ؟

كيف نحل وجود المعادن متعددة الأشكال Polymorphous (مثل الجرافيت والالاس) ؟ .

لماذا يؤثر الشق الحامضي anion على خواص معظم المركبات أكثر مما يؤثر الشق القاعدي cation ؟

ما هو العامل المشترك بين المعادن متشابهة البلورات ولكنها مختلفة في التركيب الكيميائي ؟

وبجب علينا أن نجيب عن هذه الأسئلة وكثير غيرها قبل أن نتوصل إلى معرفة كافية لطبيعة المواد المعدنية .

وقبل أن نبدأ في الإجابة عن هذه الأسئلة وشرح العلاقات المختلفة بين التركيب الكيميائي والبناء الذري يجدر بنا أن نقرر قليلاً بعض خواص البناء الذري للمعادن

Atomic structure of minerals

البناء الذري للمعادن :

نقصد بالبناء الذري للمعدن المعلومات الرئيسية الثلاثة التالية :

١ - الترتيب الهندسي في الفراغ للذرات والجزيئات والأيونات التي تكون وحدات البناء في المادة .

٢ - درجة التقارب بين هذه الوحدات البنائية وطريقة رصها وتعبئتها في المادة .

٢- نوع القوى الكهربائية التي تربط بين هذه الوحدات البنائية وخواصها .

١- الترتيب الهندسي الفراغي للذرات والأيونات :

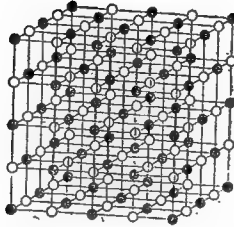
توجد هذه الوحدات البنائية مرتبة داخل البلورة في نظام هندسي يخضع لعناصر تماثلية معينة، ويعكس هذا الترتيب الذري الداخلى نفسه في الخارج في هيئة الأوجه البلورية المنظمة التوزيع ، وقد رأينا أمثلة لهذه الشبكات الهندسية في دراساتنا السابقة للبلورات والخواص البلورية للمعادن . لقد درسنا فقط سبعة نظم بلورية هي النظم الأعلى تماثلاً في الفصائل البلورية ، ولكن يوجد بجانب هذه نظم أخرى أقل تماثلاً ، إذا أضيفت إلى السبعة كان المجموع ٣٢ نظاماً بلورياً 32 classes of symmetry . تمثل الطرق الممكنة لترتيب الذرات والأيونات تبعاً لعناصر التماثل الخارجية ومجموعاتها . ولكن إذا أضيفت إلى هذه العناصر عناصر أخرى تماثلية داخلية ، فإن من الممكن ترتيب الذرات والأيونات بـ ٢٣٠ طريقة أو في ٢٣٠ مجموعة فراغية Space group .

٢- تعبئة الذرات والأيونات .

قلنا إن المادة المتبلورة تتميز بترتيب ثابت للأيونات أو الذرات في الأبعاد الثلاثة ، وقد مثلنا الترتيب الفراغي للأيونات والذرات بأشكال تخطيطية حيث تكون الروابط (أو الأواصر) bonds بين هذه الأيونات أو الذرات ممثلة بخطوط . شكل (١٦٧) : وهو يمثل البناء الفراغي Lattice structure لمعدن الهاليت (NaCl) حيث تمثل الكرات البيضاء أيونات الصوديوم ، وتمثل الكرات السوداء أيونات الكلورين .

وفي مثل هذا الرسم التوضيحي نلاحظ أن المسافات بين الأيونات المتجاورة دائماً أكبر من مجموع نصف أقطار الأيونات المتجاورة . كما نلاحظ أن جميع الأيونات قد رسمت في هيئة كرات ذات أحجام متساوية . مثل هذا الشكل الفراغي المفتوح لا يمثل حقيقة الأمور . إن استعمال مثل هذا الرسم يتم فقط لفرض إعطاء صورة للمواقع النسبية لما كرو الوحدات المكونة للمادة (أيونات ، ذرات ، الخ) أى أنه يدل على موضع نقط الترتيب الفراغي Space lattice points .

نلاحظ في شكل (١٦٧) أن الترتيب الفراغي لأيونات الصوديوم والكلورين



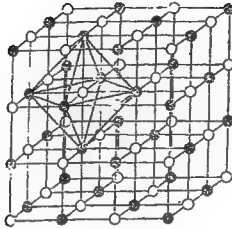
شكل (١٦٧) : البناء الفراغي لمدن الهاليت

(الكرات البيضاء تمثل الصوديوم ، والكرات السوداء تمثل الكلورين)

في الهاليت هو من النوع المكعبى ، ويحاط كل أيون للصوديوم بستة أيونات الكلورين في هيئة ثماني الأوجه ، ويمكن مشاهدة هذا الثماني الأوجه بوضوح في شكل (١٦٨) ، حيث أضفنا الروابط المائلة بين أيونات الكلورين الستة التي تحيط بأيون الصوديوم . وأصبحت في مجمرها تشبه شكل ثماني الأوجه Octahedron . وإذا فحصنا هذا الرسم بعناية أكثر نلاحظ أن كل أيون كلورين يحاط بستة أيونات صوديوم .

نلاحظ في هذين الشكلين السابقين أننا لم نأخذ في الاعتبار الحجم النسبي لأيونات الصوديوم والكلورين ، وأن الأيونات لا بد أن تكون متماصة بعضها ببعض (هذه حقيقة أساسية في المواد الصلبة أو المتبلورة) . إننا نفترض أن الأيونات ذات أشكال كروية أو شبه كروية ، ويمكن تمثيلها كذلك في الاشكال المبينة لطرق تعبئتها . لنترجع إلى شكل (١٦٨) مرة ثانية ، لنأخذ الكرات السوداء التي تمثل الكلورين ، ولنأخذ الأيونات الستة فقط التي توجد عند أركان شكل ثماني الأوجه ، ونحركها على طول الروابط في اتجاه بعضها حتى تماس مع بعضها ، فإننا نصل إلى الترتيب المستقر لهذه الأيونات ، كما هو مبين في شكل (١٦٩) .

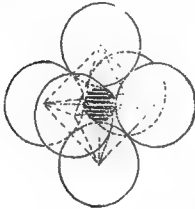
وفي مركز هذا الثماني الأوجه يوجد تجويف hole ، نصف قطره يساوى ١٤٤- . بالنسبة إلى نصف الكرات عند الأركان (الكلورين) ، ويمكن



شكل (١٦٨)

السكرات البيضاء تمثل الصوديوم ، والسكرات السوداء تمثل الكلورين (

لايون يمثل هذا الحجم أن يجد مكانا له في هذا التجويف ، ويكون متناسلا مع الايونات الستة الكبيرة المحيطة به . كما في شكل (١٧٠) . ومن الناحية النظرية ، لا يمكن للايون المركزى [أى الذى فى المركز] أن يكون أصغر من أيون له نسبة نصف القطر إلى نصف قطر الايون الاكبر المحيط به كنسبة ١٤م ١٠ ، إذ سوف لا يكون مثل هذا الايون الصغير فى حالة تماس مع جيرانه ، وبإلزام فى هذه

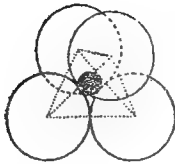


شكل (١٧٠)



شكل (١٦٩)

الحالة ترتيب أغوار أكثر استقرارا . هذا الترتيب موجود حيث يحيط بالايون المركزى الصغير أربعة أيونات فقط موجودة عند الاركان الاربعة لشكل رباعى الواجه Tetrahedron شكل (١٧١) كما فى البناء الذى للمعادن السليكاتية



شكل (١٧١)

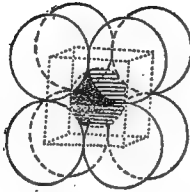
حيث يحيط بأيون السليكون أربعة
أيونات للاكسجين ، والنسبة بين
نصف قطر الايون المركزى الصغير
(Si) . ونصف قطر ايون
الأكسجين ٠.٣٠ [.

أما إذا كان الايون المركزى اكبر
من الايون ذى النسبة ٠.١٤٤. فإن

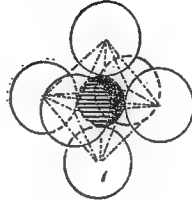
الايونات المحيطة سوف تضطر للاتماد عن بعضها إلى الخارج ولن تتناسق إلا مع
الايون المركزى . ويمكن تمثيل هذا الترتيب ، كما فى شكل (١٧٢) ، حيث
تتكون النسبة بين نصف قطر الايون المركزى ونصف قطر الايون المحيطة به
كنسبة ٠.٦٦ ؛ ويوجد الترتيب الثماني الأوجه فى هذه الحالة أيضاً ويبقى ترتيب
مستقر حتى تساوى نسبة نصفي القطرين ٠.٧٣٢ (أو أكثر) ، وعند هذه القيمة
الدرجة يتكون ترتيب أكثر استقراراً ، لأنه أصبح هناك مكان لاكثر من
أيون يتلامس مع بقية الأيونات الخارجية الستة ومع الأيون المركزى . فإذا
ترتب ثمانية أيونات كروية فى شكل مكعبى ، كما هو مبين فى شكل (١٧٣) فإن
نصف قطر التجويف المركزى سوف يساوى ٠.٧٣٢ . إذا قورن بنصف قطر
الكرات الموجودة عند أركان المكعب والتي لها قيمة تساوى ١ . وهذا هو
الترتيب المستقر بين نسبة ١ : ٠.٧٣٢ . ونسبه ١ : ١.٠ وفى معدن الهاليت (NaCl)
نجد أن النسبة بين نصف قطر أيون الصوديوم ونصف قطر أيون الكلورين
هى ٠.٥٦٤ . وتدل هذه القيمة على أن أيونات الكلورين لابد أن تحيط بأيونات
الصوديوم فى ترتيب شكل ثماني الأوجه . ولقد أثبتت الأدلة التجريبية صدق
هذا رأى .

عدد التناسق Coordination number

عدد التناسق لأيون أو ذرة عنصر هو الرقم الدال على عدد الأيونات أو
الذرات التى تحيط وتلامس هذا الايون أو هذه الذرة بصفة مميزة . فمثلاً فى شكل (١٧١)
حيث يحيط بأيون السليكون [الكرة السوداء أو المركزية] ويتلامس معها
أربعة أيونات للاكسجين [الكرات البيضاء الكبيرة] يكون عدد تناسق



شكل (١٧٣)



شكل (١٧٢)

الليكون هو ٤ ، والنسبة بين نصف قطر الين هي ٣٠.٠٠ وقد يكون العنصر أكثر من عدد تناسق واحد . فثلاً، قد تحاط ذرة مغنسيوم بستة ذرات أكسجين بصفة مميزة عندما يتحد الإثنان سوياً لتكوين أكسيد المغنسيوم . وفي هذه الحالة يكون عدد التناسق للمغنسيوم ٦ ، والنسبة بين نصف القطرين في هذا المركب هي ٤.٧. أما في مركب تلوريد المغنسيوم (MgTe) ، فالنسبة تساوي ٠.٣١ ، ويكون للمغنسيوم عدد تناسق يساوي ٤ ، ويحاط بأربعة ذرات تلوريوم في ترتيب رباعي الاوجه . ولما كان الاكسجين مكوناً عاماً في تركيب كثير من المعادن ، فعندما نذكر عدد التناسق لعنصر ما بدون تمييز فإننا نقصد عدد ذرات الاكسجين التي تتناسق مع ذرات العنصر المذكور . وعندما يكون عدد التناسق يساوي ٨ فإن ثمان ذرات أو أيونات تحيط بذرة أو أيون العنصر المركزي في شكل مكعبى ، شكل (١٧٣) .

وعلى ذلك نجد أن عدد التناسق يتوقف على النسبة بين نصف قطر الايون المركزي ونصف قطر الايون التناسق حوله ، كما يتبين من الجدول التالى ، جدول (٢١) ، صفحة ١٦٨ .

٣ - الروابط الكيميائية Chemical bonds

تتوقف كثير من خواص المعدن ومميزاته على نوع وشدة القوى الكهربائية التي تربط ذرات المادة بعضها إلى بعض . فإذا نحن درسنا وأوضحنا هذه القوى الرابطة أمكننا تفسير كثير من الخواص الفيزيائية والكيميائية التي تسبب لنا شيئاً من الحيرة . فثلاً، لماذا تنقسم المسكا بهذه السهولة إلى تلك الصفائح الرقيقة؟

عدد التناسق	ترتيب الأيونات حول الكاتيونات	النسبة بين نصف قطر الكاتيون : الأنيون
٣	أركان مثلث متساوي الأضلاع	من ٠.١٥ إلى ٠.٢٢
٤	أركان رباعي الأوجه	من ٠.٢٢ إلى ٠.٤١
٦	أركان ثماني الأوجه	من ٠.٤١ إلى ٠.٧٣
٨	أركان المكعب	< ٠.٧٣

جدول (٢١) : النسبة بين نصف قطر الكاتيون إلى الأنيون وعدد التناسق .

والجواب على ذلك يقتضى معرفة نوع الروابط الكهربائية التى تربط الذرات بعضها ببعض. وتدلتنا هذه المعرفة على أن الروابط الكهربائية (روابط كيميائية) تتغير فى قوتها بتغير الاتجاه فى البلورة .

ونجد أن الأيونات مرتبطة ببعضها ارتباطاً قوياً فى الصفائح فى اتجاه مواز للانقسام ، أما القوى التى تربط صفحة بجارتها (علواً أو سفلى) فإنها قوى ضعيفة لانقسام أمام أى سطح ، وتنفصم الصفائح عن بعضها فى هذه المستويات ذات الروابط الضعيفة ، شكل (١٧٥) صفحة ١٧١ . وقد أثبتت الدراسات البلورية بالاشعة السينية هذا الرأى . ويفسر الانقسام بصفة عامة على أنه انفصال يحدث فى بناء البلورة فى المستويات ذات الروابط الكيميائية الضعيفة .

وقد وجد ، عموماً ، أنه كلما كانت الرابطة قوية كلما زادت صلادة البلورة ، وكذلك درجة انصهارها ، بينما يقل معامل تمددها الحرارى . وعلى ذلك تعزى صلادة الأسلاك العالية إلى الروابط الكهربائية القوية جداً بين ذرات الكربون فى بنائه الهندسى .

كذلك وجد أنه بالرغم من تشابه البناء الذرى فى كل من معدن بيريكليس (MgO) وماليت $(NaCl)$ ، إلا أن البيريكليس ينصهر عند درجة $٢٨٠٠^{\circ}م$ ، بينما ينصهر الماليت عند $٧٠٩^{\circ}م$ ، أو بعبارة أخرى يحتاج البيريكليس إلى طاقة حرارية أكبر لفصل ذراته ، وهذا يدل على وجود روابط كهربائية أقوى فى البيريكليس منها فى الماليت .

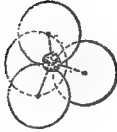
وهناك أربعة أنواع رئيسية من الروابط الكيميائية هى : الأيونية ، المشتركة ،

الفئوية، فان درفال . ويجب أن يكون مفهوماً أن مثل هذا التصنيف هو لتوضيح وتقريب الأمور، بينما في الحقيقة قصد يوجد تدرج وانتقال بين هذه الأنواع، كما قد يشترك أكثر من نوع في البناء الواحد .

١ - **الرابطية الأيونية** Ionic bond : وهذه هي الرابطية التي تربط بين الأيونات ذات الشحنات الكهربائية المختلفة في البلورة ، ولذلك تعرف هذه الرابطية أيضاً بإسم الرابطية الكهروستاتيكية Electrovalent bond . ومن أمثلتها الرابطية التي تربط أيون الكلورين بأيون الصوديوم في بلورة كلوريد الصوديوم . مثل هذه المركبات ، التي يغلب في بنائها الذرى الرابطية الأيونية ، عندما تذوب في مذيبيات مثل الماء تكسب هذه المذيبيات خاصية المحاليل الموصلة التي تحتوى على أيونات حرة . أما من ناحية الخواص الفيزيائية فتجد أن البلورات ذات الرابطية الأيونية لها صلادة متوسطة ، وكذلك وزنها النوعي متوسط ، أما عن درجتي الانصهار والغليان فيها عاليتين ، كما أن هذه البلورات موصلة رديئة جداً للكهرباء والحرارة .

٢ - **الرابطية المشتركة** Covalent bond : أو رابطية الالكترونات المشتركة Electron - sharing bond وهذه أقوى أنواع الروابط . وتتميز المعادن ذات الرابطية المشتركة بأنها غير قابلة للذوبان بصفة عامة . وبأنها مستقرة stable وذات درجة انصهار ودرجة غليان عاليتان جداً . ولا تغطي هذه المعادن أية أيونات في المحاليل التي تكونها . وعلى ذلك فهي مواد رديئة التوصيل للكهرباء في كلتا الحالتين السائلة والصلبة . وهذه الرابطية تتكون نتيجة لاشتراك الإلكترون بين ذرتين . فإذا وجد فراغ في المسار الالكتروني الخارجي للذرة فإن كل طاقة الذرة تستنفذ في هذه الرابطية التي تربط ذرة بجارتها ، ويتشكون عندها جزيء مستقر (مثل جزيء الكلورين) الذي لا يظهر أى ميل للاتحاد بجزيء آخر . وهناك عناصر أخرى مثل الكربون والسليكون والالومنيوم لها أكثر من فراغ في المسار الالكتروني الخارجي لذراتها ، ولذلك فإن ذرة العنصر منها تتحد بعدد من الذرات المجاورة بواسطة الرابطية المشتركة لتتبع مجموعات ذرات مستقرة ذات أشكال وأبعاد ثابتة . ومن أمثلة ذلك ذرات السليكون التي لها أربعة فراغات في مساراتها الخارجية تملؤها بالإلكترونات مشتركة مع أربعة

ذرات أكسجين ، وتكون بذلك مجموعة SiO_4 مرتبطة بروابط مشتركة قوية في هيئة رباعي الأوجه Tetrahedron حيث توجد ذرات الأكسجين الأربعة عند أركان هذا الشكل الرباعي ، شكل (١٧١) ، (١٧٤) .



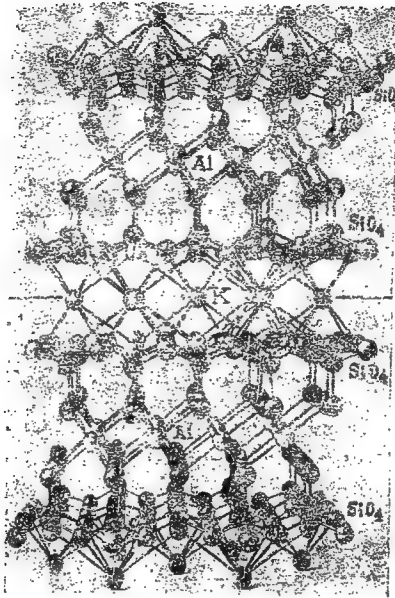
شكل (١٧٤)

وقد ترتبط بمجموعتان أو أكثر من هذه المجموعات الرباعية SiO_4 لينتج عنها أشكال هندسية مختلفة هي أساس الوحدات (منفردة ، حلقة ، سلسلية ، صفائحية ، هيكلية) في البناء الذري للأنواع المختلفة من المعادن الميكانيكية .

٣ — الرابطة المتفلزية Metallic bond وهذه هي الرابطة التي تربط ذرات الفلوات ، وفيها تحاط نواة ذرة الفل بسمحة من الإلكترونات الحرة الانتقال في البناء الذري للفلادون أن تسبب إخلالا لميكانيكية الروابط . ويعزى إلى هذه الرابطة جميع الخواص المميزة للفلوات مثل القابلية للطرق والسحب وسهولة التشكيل ، والتوصيل الجيد للكهرباء والحرارة ، وإنخفاض كل من الصلادة ودرجة الانصهار ودرجة التليان .

٤ — رابطة فان دير فال Van der Waal force وهذه عبارة عن القوى الضعيفة التي تربط الجزيئات المتعادلة بعضها ببعض ، وهي عبارة عن قوى متبقية على سطح هذه الجزيئات أو المجموعات البنائية غير المشحونة في البلورة .

وغالباً ماتصم البلورات المعدنية أكثر من نوع واحد من الروابط الكيميائية . مثلاً ، في الجرافيت ترتبط الذرات ببعضها في الصفائح بواسطة الرابطة المشتركة القوية ، بينما يحدث الانقسام في المستويات التي ترتبط برابطة فان دير فال الضعيفة . أما في الميكا فترتبط الذرات في الصفائح بواسطة الرابطة المشتركة القوية حيث توجد مجموعات السيليكات الرباعية ، وترتبط الصفائح بعضها ببعض بواسطة الرابطة الأيونية الضعيفة عن طريق أيونات البوتاسيوم ، وينتج عن مثل هذا البناء الذري ذي الروابط المختلفة أن ينقسم معدن الميكا بسهولة جداً في المستويات ذات الرابطة الأيونية الضعيفة ، شكل (١٧٥) . ويعزى الانقسام في معادن الأوجيت



شكل (١٧٥)

نموذج لبناء القوي في معادن الميكا

والهوبرلند والارثوكليو إلى وجود مثل هذه الروابط الضعيفة ، وتعرف هذه البلورات التي يوجد بها روابط من أنواع مختلفة باسم غير متجانسة الروابط Heterodesmic بينما تعرف بلورات معادن الكوارتز والالماي حيث توجد روابط من نوع واحد باسم متجانسة الروابط Homodesmic .

التشابه الشكلي Isomorphism

تتطور المعادن في الطبيعة من محاليل معقدة التركيب الكيميائي ، ويحدث نتيجة لذلك أن كل المعادن تقرباً تختلف في تركيبها الكيميائي من مكان إلى آخر بل ويختلف المعدن الواحد في تركيبه الكيميائي من عينة إلى أخرى في نفس المكان الواحد . وقبل أن تعرف السر وراء هذا التغير الكيميائي - في ضوء الكيمياء البلورية - كانت كل عينة تسمى في الماضي بأسم خاص ، وتعتبر معدنا جديدا بسبب هذا الاختلاف الطفيف في التركيب الكيميائي ، مع أن بقية الخواص الأخرى واحدة في جميع العينات .

وفي الوقت الحالى نجد أن من أهم واجبات جيولوجي المعادن العمل على تقليل وإزالة هذه الأسماء الكثيرة لأنواع المختلفة من المعدن الواحد . ونتيجة لذلك يتضح لنا أن الوحدة الوصفية في دراسات المعادن هي التسلسلة المعدنية *mineral series* أو المجموعة المعدنية *mineral group* بدلا من المركب التقني .

سبق أن ذكرنا عند دراستنا للبلورات أن لكل مادة شكل بلوري مميز . وتختلف بلورات المواد المختلفة (عدا بلورات فصيلة المكعب) عن بعضها البعض في الزوايا بين الوجية ، ولكن لاحظ ميتشرليخ Mitscherlich عام ١٨١٩ أن هناك علاقة بين الشكل البلوري لمادة ما وتركيبها الكيميائي ، وأنه قد توجد مادتان لها تركيبان كيميائيان متقابلان وشكلان بلوريان متماثلان تقريبا . مثل هذا العلاقة بين المواد المختلفة في التركيب الكيميائي والمتشابهة في الشكل البلوري تعرف بأسم التشابه الشكلي *Isomorphism* ، والمواد المرتبطة بهذه العلاقة تعرف بإسم مواد متشابهة الأشكال *isomorphous substances* . ومثل هذه المواد المتشابهة الأشكال تتشابه بشكل ملحوظ في خواصها الفيزيائية والكيميائية وكذلك البلورية (لها تقريبا نفس الزوايا بين الوجية ونفس النسبة المحورية) ويحتاج الأمر إلى قياس الزوايا بين الوجية بدقة كبيرة للتمييز بين بلورات المعادن المتشابهة الأشكال . كذلك يستخدم حيود الأشعة السينية في استكشاف وتوضيح هذه العلاقة البلورية الكيميائية بدراسة تفاصيل

خواص الوحدة البنائية في المعادن التي تربطها هذه العلاقة . أيضاً يفيد التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء [صفحة ١٥٨] في دراسة هذه العلاقة . والمثال التالي ، جدول (٢٢) يوضح لنا التشابه في الخواص البلورية والوزن النوعي لمعادن الكربونات المتشابهة الأشكال ، (تابعة لفصل المعنى القائم) .

معادن كربونات معينة قائمة	الوزن الجزئى	الوزن النوعى	الأرواى				النسبة المئوية أ : ب : ج
			٨	١١	١١	٨	
أراجونيت CaCO_3	١٠٠,١	٢,٩	٤٨	٦٣	٦٣	٧١	٠,٧٢١ : ١ : ٠,٦٢٢
سترونشيانيت SrCO_3	١٤٧,٦	٣,٧	٤١	٦٢	٤٨	٧١	٠,٧٢٤ : ١ : ٠,٦٠٩
بذيريت BaCO_3	١٩٧,٤	٤,٣	١٢	٦٢	١٦	٧٢	٠,٧٤٠ : ١ : ٠,٥٩٥

جدول (٢٢) : خواص بعض المعادن المتشابهة الأشكال

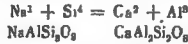
وتتشابه المواد المتشابهة الأشكال في بنائها الذرى (متشابه البناء - Iso structural) كما أن مثل هذه المواد قادرة على أن تلتصق مع بعضها ، أى تتداخل بلوراتها intercrystalline . فإذا حللنا بلورة سترونشيانيت فغالبا ما نجد فيها كمية لا بأس بها من الكالسسيوم وكذلك الباريوم ، حيث حلت هذه العناصر محل جزء من الاسترونشيوم ، ويعرف هذا باسم (حلل (أو استبدال) التشابه الشكلى Isomorphous replacement or substitution ، ولا يتم الإحلال بين عنصر وآخر إلا إذا تقاربا في حجمهما ، أى لهما نصف قطر ذرى أو أيونى متساويان تقريباً ، ويجب ألا يزيد الفرق بين نصف القطرين عن ١٥ في المائة . ويبين جدول (٢٣) نصف قطر أيونات بعض العناصر الشائعة في التركيب الكيميائى للمعادن .

ويجب أن تكون المادة الناتجة من الإحلال متعادلة كهربائيا . فإذا حل أيون عنصر أحادى التكافؤ (صوديوم ٩٧ر . أنجستروم) محل أيون عنصر

+٦	+٥	+٤	+٣	+٢	+١
		G ٠.١٦	B ٠.٢٢	Be ٠.٢٥	Li ٠.٦٨
		Si ٠.٤٢	Al ٠.٥١	Mg ٠.٦٦	Na ٠.٩٧
Cr ٠.٥٢	V ٠.٥٩	Ti ٠.٦٨	Sc ٠.٨١	Ca ٠.٩٩	K ١.٢٢
Mo ٠.٦٢	Nb ٠.٦٩	Zr ٠.٧٩	Y ٠.٩٢	Sr ١.١٢	Rb ١.٤٧
Hf ٠.٦٢	Ta ٠.٦٨	Nf ٠.٧٨	La ١.١٤	Ba ١.٢٤	Cs ١.٦٧
S ٠.٣٠	P ٠.٢٥	Ge ٠.٥٢	Fe ٠.٦٤	Fe ٠.٧٤	Cu ٠.٩٦
Se ٠.٤٢	As ٠.٤٦	Sn ٠.٧١	Cr ٠.٦٢	Zn ٠.٧٤	Ag ١.٢٦
Te ٠.٥٦	Sb ٠.٦٢	Pb ٠.٨٤	Co ٠.٦٢	Ni ٠.٦٩	Au ١.٢٧
		Mn ٠.٦٠		Co ٠.٧٦	
	-٢	-٢	-١	-١	-١
	S ١.٨٤	O ١.٤٠	(OH) ١.٤٠	F ١.٢٦	Cl ١.٨١

جدول (٢٣) : نصف قطر أيونات بعض العناصر الشائعة

ثنائي التكافؤ (كالسيوم ٩٩.٠ ، أنجستروم) فلا بد أن يحدث إحلال آخر في نفس الوقت بين عنصرين آخرين (الألومنيوم ثلاثي التكافؤ محل سلبكون رباعي التكافؤ) حتى ينتج التعادل الكهربائي للمادة الناتجة :



والإحلال الذي يحدث بين العناصر المختلفة قد يكون جزئياً أو كاملاً . ومن أمثلة الإحلال الجزئي إحلال الحديد محل الزنك في معدن سفاليريت Sphalerite (كبريتيد الزنك) حيث لا يسمح بناء المعدن بأكثر من ١٨ في المائة من الحديد لتحل محل الزنك ، ويتدرج لون المعدن من عديم اللون إلى بني إلى أسود بازدياد نسبة الحديد من صفر إلى ١٨ في المائة ، كما يتضح من جدول (٢٤) .

سفاليريت			
عديم اللون		بني	أسود
S	٢٢.٩٣	٢٢.٣٦	٢٢.٢٥
Zn	٦٦.٦٩	٦٢.٣٦	٥٠.٠٢
Fe	٠.٤٢	٢.٦٠	١٥.٤٤
Cd	٠.٠	٠.٠	٠.٣٠
Pb	٠.٠	٠.٠	١.٠١
	١٠٠.٠٠٤	١٠٠.٠٢٢	١٠٠.٠٠٢

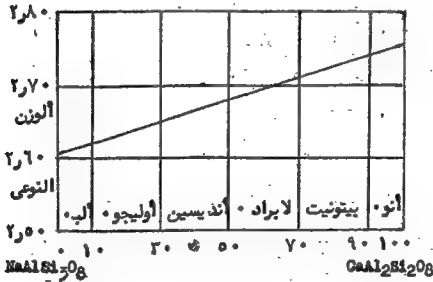
جدول (٢٤) : التركيب الكيميائي لبعض صفاليريت

أما مجموعة معادن الفلسبار البلاجيوكلازية (فصيلة الميول الثلاثة) فإنها تمثل بوضوح الإحلال الكامل بين طرفي المجموعة : الأليت ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) والانورثيت ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) فيحل الصوديوم والسليكون إحلالاً كاملاً محل الكالسيوم والألومنيوم لتنتج مركبات مترسطة بين الاثنين (تحتوي على الصوديوم والكالسيوم والألومنيوم والسليكون) ، جدول (٢٥) ، ولها خواص مترسطة

بين خواص الطرفين فتلا، يتدرج الوزن النوعي من ٢٦١ إلى ٢٧٥
للاورثيت ، شكل (١٧٦) .

النسبة المئوية للاورثيت (أ)	النسبة المئوية للإليت (ب)	المعدن
٠ — ١٠	١٠٠ — ٩٠	الإليت
١٠ — ٢٠	٩٠ — ٧٠	أوليغوكليس
٢٠ — ٣٠	٧٠ — ٥٠	أنديسين
٣٠ — ٥٠	٥٠ — ٣٠	لابرادوريت
٥٠ — ٧٠	٣٠ — ١٠	بيتوفيت
٧٠ — ١٠٠	١٠ — ٠	أنورثيت

جدول (٧٥) : التركيب الكيميائي لمعادن البلاجيوكلز



شكل (١٧٦) : تدرج الوزن النوعي بين الإليت (ب) . والاورثيت (أنو)

ومن الأمثلة الأخرى للأحلال الكامل معادن الأوليفين (فصيلة المعنى
القائم) حيث يتغايه الطرفان الهائمات فورستريت Mg_2SiO_4 *Forsterite*
وفاليت Fe_2SiO_4 *Fayalite* في خواصهما المختلفة ، وتداخل بلوراتهما معا ،

ويحل الحديد محل المغنسيوم بكل حرية وبأية نسبة في بنائهما الذرى المتشابه، وتنتج متسلسلة الاوليفين $(Mg, Fe)_2SiO_4$ Olivine series - وما سبق يوضح لنا أن خاصية التشابه الشكلى تدل على أن الخواص المختلفة للمعادن تختلف بمصفة عامة باختلاف التركيب الكيميائى - وتعتبر خاصية التشابه الشكلى من أهم القواعد الاساسية فى كيمياء المعادن إذ يندر أن توجد المعادن فى حالة نقية .

التعدد الشكلى Polymorphism

تصف هذه الظاهرة وجود أكثر من مادة لها نفس التركيب الكيميائى ولكنها تختلف فى بنائها الذرى وشكلها البلورى . مثال ذلك ، الالاس والجرافيت معدنان لهما نفس التركيب الكيميائى (كربون) ولا يمكن التفرقة بينهما بأى وسيلة كيميائية . ولكنهما يختلفان عن بعضهما البعض فى الخواص الفيزيائية مثل الصلادة ، واللون النوعى ، الخ .

مثال آخر : كربونات الكالسيوم يمكن أن تتبلور تحت ظروف خاصة لتعطى بلورة معينة الالوجه Rhombohedral . هو معدن الكالسيت . وتحت ظروف أخرى تعطى بلورة معينة قائمة Oriborhombic هى معدن الالاجرنيت ، وكلا المعدنين له خواص فيزيائية مختلفة عن خواص الآخر . ويمثل جدول (٣٦) أمثلة لبعض المواد الكيميائية ذات الاشكال المتعددة وبعض خواصها .

ويطلق على المواد التى توجد فى شكلين بلوريين مختلفين اسم ثنائية التشكل Dimorphous ، مثل الكريون ، وكرييتد الحديد ، وكربونات الكالسيوم . أما إذا وجدت المادة فى ثلاثة أشكال فإنها تعرف باسم ثلاثية التشكل Trimorphous مثل ثنائى أكسيد السليكون .

ويجب ملاحظة أن الاشكال المختلفة للمادة الكيميائية الواحدة لا تتكون كلها فى ظروف واحدة ، بل على العكس تتكون فى ظروف مختلفة من الضغط

التركيب الكيميائي	المعدن	الفصل البلورية	اللون النوعي	الصلادة
C	الاماس جرافيت	الكرب السداسي	٣٢٥ ٢٢٢	١٠ ١
FeS ₂	بيريت مركزيت	المكعب المعيني القائم	٥٢٠ ٤٢٨٥	٦ ٦
TiO ₂	روتيل أناتاز بروكيت	الرباعي الرباعي المعيني القائم	٤٢٢ ٣٩٠ ٤١٤	٦ - ٦.٥ ٦ - ٥.٥ ٦ - ٥.٥
CaCO ₃	كالكيت أراجونيت	الثلاثي المعيني القائم	٢٧١ ٢٩٥	٣ ٣.٥
SiO ₂	كوارتز تريديميت كريستوباليت	الثلاثي المعيني القائم الرباعي	٢٦٥ ٢٢٦ ٢٣٠	٧ ٧ ٧
KAlSi ₃ O ₈	سائدين أرتوكليز ميكروكلين أديرلاريا	الميل الواحد الميل الواحد الميل الثلاثة الميل الواحد	٢٥٧ ٢٦ - ٢٥ ٢٥٧ - ٢٥٤ ٢٥٦٥	٦ ٦ ٦ ٦

جدول (٢٦) مقارنة بين خواص بعض المواد متعددة الأشكال

والحرارة والبيئة الكيميائية (درجة التركيب ، درجة الحرق ، درجة القلوية) ،
كما في الأمثلة التالية :-

يتكون الاماس في ظروف من الحرارة والضغط العاليين جداً ، أما الجرافيت
فيتكون تحت الضغط الديناميكي . ويتكون الكوارتز في درجة حرارة أقل
من ٨٧٠°م ، أما التريديميت فيتكون بين درجتي الحرارة ٨٧٠°م ، ١٤٧٠°م .
في حين يتكون الكريستوباليت في درجة حرارة أعلى من ١٤٧٠°م .
ويتكون معدن البيريت من المحاليل القلوية والمتعادلة عند درجات حرارة
خوسطة وعالية تحت الضغط ، أما المركزيت فيتكون من محاليل حمضية تحت
درجة حرارة ٤٥٠°م .

التحرق الشكلي Pseudomorphism

إذا حدث تعديل البلورة بحيث يتغير بناؤها الذرى الداخلى دون أن يطرأ أى تغيير على الشكل الخارجى (أى تحتفظ البلورة بشكلها الخارجى) فإنها توصف فى هذه الحالة باسم شكل خادع أو شكل كاذب (Pseudomorph (false form). وفى البلورة الخادعة الشكل يتبع التركيب الكيميائى والبناء الذرى معدنا واحدا بينما يقع شكلها الخارجى معدنا آخر ، مثال ذلك : قد يتغير معدن البيريت (FeS_2) ليعطى معدن الجويت ($H Fe O_2$) الذى لا يزال يحتفظ بالشكل المكعب الخارجى المميز للبيريت ، وتعرف مثل هذه البلورة بأنها شكل كاذب لمعدن الجويت الناتج من البيريت . وتشكون الأشكال الكاذبة فى الطبيعة نتيجة لإحدى العمليات التالية :-

١ - دون حدوث تغير فى التركيب الكيميائى (Paramorphism التحرق الشكلي)

يطلق اسم الشكل المغاير Paramorph على البلورة التى تغير بناؤها الذرى دون أن يحدث ذلك أى تغيير للشكل الخارجى لها أو بمعنى آخر ، إنها عبارة عن البلورة التى تغير بناؤها الذرى دون أن يتغير تركيبها الكيميائى . مثال ذلك ، معدن الكالسيت الناتج من معدن الأراجونيت ، كلاهما عبارة عن كربونات الكالسيوم ، ولكن الكالسيت الناتج (بناؤه الذرى الداخلى يتبع فصيلة الثلاثى ، وقد نتج عن تعديل نظام ذرات الأراجونيت المعينى القائم) لا يزال يحتفظ بالشكل المعينى القائم الخارجى الخاص بمعدن الأراجونيت (أى يبدو من الخارج كأنه أراجونيت ، شكل كاذب) ، ولكن جميع خواصه الفيزيائية (وهذه تتوقف على البناء الذرى الداخلى التى أصبح فى هذه الحالة كالسيت) تكشف أن المعدن أصبح كالسيت وليس أراجونيت ، وأن الشكل الخارجى الظاهر لعين ما هو إلا شكل خادع .

٢ - حدوث تغير فى التركيب الكيميائى :

(١) الإحلال أو الاستبدال Replacement or Substitution :
يتيح الشكل الكاذب فى هذه الحالة بإزالة مادة البلورة الأصلية وإحلال مادة

جديدة محلها وترسيبها في نفس الوقت دون أن يحدث أى تفاعل كيميائى بين المادة المزالة والمادة المترسبة .

مثال : كوارتز (SiO_2) يحل محل فلوريت (CaF_2)

كوارتز (SiO_2) يحل محل كالسيت (CaCO_3)

(ب) *Alteration* : يتبع الشكل الكاذب في هذه الحالة إذا تغير التركيب الكيميائى للبلورة الأصلية سواء أتم ذلك بإضافة مادة جديدة إليها أم بإزالة جزء من مادتها الأصلية أو بالاثنتين معاً (الإضافة والإزالة) دون أن يحدث أى تغير للشكل البلورى الخارجى للبلورة الأصلية .

مثال ، إزالة بعض المواد :

هباتيت (Fe_3O_4) يتكون من ماجنيت [Fe_3O_4] ... إزالة الحديد .

مثال ، إضافة بعض المواد :

جس [$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$] يتكون من أنهدريت [CaSO_4] ... إضافة الماء .

مثال ، إزالة وإضافة بعض المواد :

جريت [HFeO_3] يتكون من بيريت [FeS_2] ... إزالة الكبريت

وإضافة الماء . .

٢- أشكال كاذبة قشرية *Incrustation pseudomorph* (أو قوالب

casts) : وتحدث هذه الأشكال عندما يترسب معدن على سطح بلورة معدن آخر في هيئة قشرة تناف البلورة بأكملها ، وفي هذه الحالة يعرف الشكل الكاذب بأنه قالب خارجى *external cast* ، مثل الكوارتز (SiO_2) الذى يحيط بمكعب الفلوريت (CaF_2) ويأخذ شكله الخارجى . وقد يحدث في بعض الأحيان أن يترسب المعدن في الفراغات الناتجة عن إذابة بعض البلورات السابقة ويلتوها ويأخذ شكلها ، وفي هذه الحالة يعرف الشكل الكاذب الناتج باسم قالب داخلى *internal cast* ، ومن أمثلتها بعض الفراغات الموجودة في بعض أنواع الصخور والمعلومة بمعدن الزيوليت *zeolites* والتحاس .

المعادن غير المتبلورة Noncrystalline Minerals

جاء في تعريف المعدن أنه مادة صلبة متبلورة . ولكن يوجد عدد قليل من المعادن غير متبلورة . ويمكن التمييز بين نوعين من المعادن غير المتبلورة : النوع الأول ، ويطلق عليه اسم المعادن ذات البناء النحيف أو المعادن المحطمة metamict وهي معادن كانت في الأصل متبلورة ثم تحطم بناؤها الذري فيما بعد . والنوع الثاني يطلق عليه اسم المعادن عديمة الشكل amorphous . وهي معادن تمت وتكونت أصلاً بدون بناء ذري ، إما نتيجة لسرعة التبريد من حالة منصهرة ، أو نتيجة للتجمد البطيء . لمادة هلامية gelatinous .

فأما المعادن المحطمة فإنها ذات خواص فيزيائية تدل على أنها عديمة التبلور . ومن بين هذه الخواص أنها ذات مظهر زجاجي أو غروي مثل القار pitchy وليس لها انقسام ، ومكسرها معاري . إن مثل هذه المعادن المحطمة تستعيد بناءها الذري وتبلورها بالتسخين مع إنبعاث حرارة كثيرة وتوهج في مادة المعدن ، ويتج عن استعادة التبلور لإزدياد في الوزن النوعي للمعدن . ويؤى تكون الحالة المحطمة في المعادن إلى إنبهار البناء النحيف من خلال الاصطدام بجسيمات ه ألما ، المنطقة من عناصر النشاط الإشعاعي المنتجة . وعموما تكون المعادن المحطمة مكونة من أحماض ضعيفة وقواعد ضعيفة ، مثل الزركون Zircon ، والثوريث ThSiO_4 . أما وجود عناصر النشاط الإشعاعي في المعدن فلا يعتبر سبباً كافياً بمفرده لاجداث حالة التحطم في بناء المعدن ، فعدن ثوريثيت ThO_2 لا يبدو أبداً في حالة محطمة رغم احتوائه على الثوريوم . وبعض المعادن مثل ألاتنيت Allanite يتواجد في كل من الحالة المحطمة والحالة غير المحطمة . وقد تبين حديثاً أن كثيراً من المواد المتبلورة يمكن جعلها في حالة محطمة وذلك بتمريرها للاصطدام بجسيمات ه ألفا ، أو لنيوترونات المنطقة من معادل يورانيوم .

أما المعادن عديمة الشكل amorphous فتضم الزجاج والهلالم . وال الزجاج يتكون من صهير melt برد بسرعة ، أما الهلام فإنه يتكون نتيجة

لتجمد المحاليل الغروية . والمحاليل الغروية تمثل حالة متوسطة بين المحاليل الحقيقية والمعلقات (المخاليط المعلقة) Suspensions ، وعادة تكون المركبات العضوية ذات الجزيئات الكثيرة محاليل غروية ، بينما المركبات غير العضوية والتي لا تذوب عادة في الماء قد تكون محاليل غروية ، ويتراوح قطر الجسيمات في المحلول الغروي عادة بين واحد من ألف وواحد من مليون من المليمتر . ومن أمثلة المعادن التي من هذا النوع الأوبال Opal ، وهو يتكون نتيجة لتجمد المحاليل الغروية للسليكا ، والأوبال أكسيد مائي للسليكا حيث كمية الماء فيه متغيرة ، ويكتب قانونه الكيميائي هكذا $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ، ويتراوح كمية الماء عادة بين ٣ ، ١٠ بالمائة بالوزن . وهناك مواد أخرى توجد في الحالة الغروية وتتكون في الطبيعة مثل بعض أكاسيد الألمنيوم والحديد والمنجنيز المتضمنة . وعندما يتجمد الحلام فإنه عادة يتبلور في فترة زمنية وجيزة . ويمكن التعرف على المعادن التي تجمدت أصلا في حالة ملامية إذ يكون لها عادة أسطح كروية مثل عنقود العنب ، عنقودية botryoidal ، وهيئة داخلية إبرية شعاعية من المركز وعمودية على السطح الكروي .

الباب السادس

تصنيف المعادن

Classification of Minerals

أمكن التعرف - حتى الآن - على ما يقرب من ألفي (٢٠٠٠) معدن في قشرة الأرض ، الكثير منها نادر أو قليل الوجود ، والقليل منها - ما يقرب من المائتين - شائع الوجود ، وهذه توجد إما مكونة للصخور (التارية والرسوبية والمتحولة) ، أو مكونة لنوع آخر من الصخور يعرف باسم الحامات المعدنية وهي رواسب فيها. تقع للناس وتمكث في بقع متفرقة من كوكب الأرض ، حتى يكتشفها الانسان ويستغلها في الصناعة .

وتشترك هذه المعادن الألفين جميعاً في أن تعريف المعدن ينطبق عليها كلها أو بشئ من الدقة غالبيتها (إذ أن القليل منها غير متبلور ، وحتى هذه القلة تمثل حالة غير مستقرة تمضي في طريقها إلى التبلور والاستقرار بحض الأذن الطويل وتغير الظروف) - ذلك التعريف الذي ينص على أن لكل معدن بناءاً ذرياً منتظماً وتركيباً كيميائياً عيوا . وانطلاقاً من هاتين الصفتين الأساسيتين نجد أن مجموعة من المعادن تتشابه في خواصها البلورية ، فنأخذ من البناء البلوري أساساً لتصنيفها إلى فصائل بلورية سبعة يشترك أفراد كل فصيلة في الصفات الأساسية (المحاور البلورية) ، ثم نصنفها إلى نظم بلورية اثنتين وثلاثين حيناً نجد أن بلورات الصيغة الواحدة تختلف فيما بينها في التفاصيل (عناصر التماثل الخارجية) . ثم نصنف كل نظام إلى عدد من الأقسام (مائتين وثلاثين مجموعة فراغية) حيناً نجد أن بلورات كل نظام تختلف فيما بينها في تفاصيل التفاصيل (عناصر التماثل الداخلية) . هكذا تصنف المعادن على أساس البناء الذري المنتظم .

وقد تتخذ من الخواص الفيزيائية أساساً لتصنيف المعادن . فنجد أن هناك قسماً يضم المعادن التي تتشابه في خواصها البصرية - ينكسر الضوء أثناء مروره بها انكساراً منفرداً ويتنقل بسرعة واحدة في جميع الاتجاهات - تعرف باسم المعادن الإيزوتروبية (Isotropic minerals) بينما تنضوى مجموعة أخرى من المعادن تحت قسم آخر لأنها تختلف عن معادن القسم الأول في هذه الخاصية البصرية الأساسية - ينكسر الضوء أثناء مروره بها انكساراً مزدوجاً ويتنقل بسرعات مختلفة في الاتجاهات المختلفة - تعرف باسم المعادن غير الإيزوتروبية (Anisotropic minerals) .

أما إذا اخترنا خاصية الصلادة ، وهي خاصية فيزيائية أيضاً ، فإننا نجد أن المعادن يمكن تصنيفها إلى : منخفضة الصلادة ومتوسطة الصلادة وعالية الصلادة . أو تصنف تبعاً لمقياس موهس Mohs scale للصلادة ذي الأقسام العشرة ليأخذ كل معدن رقماً بين الواحد والعشرة يدل على صلابته النسبية [أنظر جدول رقم ١ ، بالجاء الثالث من هذا الكتاب] .

وكذلك إذا أخذنا خاصية فيزيائية أخرى مثل الكثافة (أو الوزن النوعي) فإننا نجد أن هناك معادن خفيفة ، (من ١ - ٢.٥) ، ومعادن متوسطة الكثافة ، (من ٢.٥ - ٣.٥) ، ومعادن ثقيلة ، (من ٣.٥ - ٥) . ومعادن ثقيلة جداً ، (أكبر من ٥) . ويأخذ كل معدن رقماً يدل على كثافته النسبية (وزنه النوعي) . يتراوح بين الواحد والعشرين [أنظر جدول رقم ٢ ، بالجاء الثالث من هذا الكتاب] .

ومن الخواص الهامة التي اتخذت أساساً لتصنيف المعادن خاصية التركيب الكيميائي حيث تصنف المعادن إما على أساس الشق الحامضي (الأيونات) ، أو على أساس الشق القاعدي (الكاتيونات) ، ولكل من هذين التصنيفين خصائصه ومميزاته .

التصنيف الكيميائي للمعادن على أساس الشق الحامضي :

يرتبط هذا التصنيف بالبناء الذري للمعدن ولذلك يعرف باسم التصنيف الكيميائي البلوري للمعادن ، crystal-chemical classification of minerals .

ويستعمل هذا التصنيف الكيميائي على أساس الشق الحامضى للمعادن على نطاق واسع الآن لمدة أسباب أهمها :

(١) تشابه المعادن المشتركة في الشق الحامضى (كبريتيد . أكسيد ، كبريتات ، فوسفات ، سليكات ، الخ .) ، وتكون مجموعات متشابهة أكثر من تشابه أفراد المجموعات التي تشترك في الشق القاعدى (كاتيون - نحاس ، رصاص ، زنك ، كالسيوم ، الخ) . فثلا تشابه معادن الكبريتات المختلفة أكثر من تشابه معادن النحاس المختلفة مجتمعة .

(ب) توجد المعادن ذات الشق الحامض المشترك في الطبيعة في بيئات جيولوجية متشابهة . فثلا توجد المعادن الكبريتيدية للنحاس والرصاص والزنك وغيرها صاحبة لبعضا البعض في العروق المائية الحارة ورواسب الأحلال المختلفة ، بينما توجد معادن سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم والهوديوم والكاسيوم والحديد والمغنسيوم وغيرها في كتل الصخور النارية المختلفة وغيرها من تواجدها من الصخور النارية .

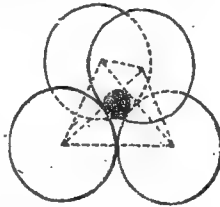
التصنيف الكيميائي البلورى للمعادن

تصنف المعادن كيميائيا (على أساس الشق الحامضى) وبلوريا (على أساس البناء النرى) إلى طوائف Classes ثمانية كما يلي : —

- ١ — طائفة المعادن العنصرية Native elements .
- ٢ — طائفة الكبريتيدات Sulfides والأملاح الكبريتية Sulfosalts .
- ٣ — طائفة الأكاسيد Oxides والهيدروكسيدات Hydroxides .
- ٤ — طائفة الهاليدات Halides .
- ٥ — طائفة الكربونات Carbonates ، النترات Nitrates ، البورات Borates .

- ٦ - طائفة الكبريتات Sulfates ، الكرومات Chromates ،
المولبدات Molybdates ، التنجستات Tungstates .
- ٧ - طائفة الفوسفات Phosphates ، الزرنيخات Arsenates ،
الفانادات Vanadates .
- ٨ - طائفة السيليكات Silicates .

وتصنف كل طائفة Class إلى طويفات Subclasses على أسس
كيميائية وبنائية . فتلاصق طائفة السيليكات إلى ستة طويفات على أساس
الوحدة البنائية المعروفة باسم رباعي الأوجه Tetrahedron . وهو الشكل
الهندسي المكون من أربعة أوجه مثلثة المهية والتي تلتق في أربعة أركان تمثل
مواقع أيونات الأكسجين المحيطة بأيون السليكون الموجود في مركز هذا
الشكل ، التتراهيدرون ، ، شكل (١٧٧) ، لتكوين ارتباطاً هو SiO_4 . ومن



شكل (١٧٧)
شكل التتراهيدرون الذي يمثل أيون
السليكون (في المركز) المحاط بأربعة
أكسجينات (عند أركانه الأربعة)

الصور المختلفة للإرتباط هذا الرباعي الأوجه مع رباعي أوجه آخر أو رباعين
أو ثلاثة أو أربعة، عن طريق المشاركة في أيون الأكسجين (عند ركن واحد)،
أو أيونين (ركنين) أو ثلاثة أيونات أكسجين (ثلاثة أركان) أو أربعة
(أربعة أركان وهي كل أركان رباعي الأوجه) . على أساس هذه الصور
المختلفة (أنظر وصف المعادن السيليكاتية في الجزء الثاني من هذا الكتاب)
تصنف طائفة السيليكات إلى ستة طويفات Subclasses هي :

١ - طويفة النوروسيليكات *Nerosilicates* (أو الأورثوسيليكات أو الجرار المستقلة من رباعى الأوجه) ، والبناء الأساسى فيها يتكون من وحدات من رباعى الأوجه $[SiO_4]$ للتفرعة .

٢ - طويفة السوروسيليكات *Sorosilicates* ، والبناء الأساسى فيها يتكون من وحدات كل وحدة منها تتكون من اثنين من رباعى الأوجه مرتبطين عن طريق المشاركة في ايون اكسيجين (ركن واحد من التتراهيدرون) بينهما ، وبذلك يصبح تركيبها $[Si_2O_7]$.

٣ - طويفة السيكلوسيليكات *Cyclosilicates* (أو الحلقية) ، تتكون الوحدة في البناء الأساسى فيها من ثلاثة من التتراهيدرون أو أربعة أو ستة مرتبطة مع بعضها البعض عن طريق المشاركة في ايونى اكسيجين (ركنين) لتتكون حلقات ثلاثية أو رباعية أو سداسية الشكل ، $3,4,6 [SiO_3]$

٤ - طويفة الايدوسيليكات *Inosilicates* (السلسلة) ، تتكون الوحدة في البناء الأساسى فيها من سلسلة مستمرة من رباعى الأوجه المرتبطة مع بعضها عن طريق ركنين فيها لتمتد بصفه مستمرة في اتجاه واحد (عادة يكون اتجاه المحور البلورى ح) . وقد تكون السلسلة مفردة $[SiO_2]_n$ أو مزدوجة.

٥ - طويفه الفيلوسيليكات *Phyllosilicates* (الصفائحية) ، تتكون الوحدة في البناء الأساسى فيها من صفائح من رباعى الأوجه المرتبطة بعضها عن طريق أركان ثلاثة وبذلك تمتد بصفة مستمرة في اتجاهين أو بدين لتأخذ شكل الصفائح أو الوريقات المتراسة فوق بعضها البعض $[Si_2O_5]_n$

٦ - طويفة التكتوسيليكات *Tectosilicates* (المهيكلية) تتكون الوحدة في البناء الأساسى فيها من هيكل من رباعى الأوجه المرتبطة بعضها بعض عن طريق أركانها الأربعة ، ويبدو الهيكل *framework* في شكل شبكة تمتد في الأبعاد الثلاثة $[SiO_2]_n$.

وتصنف الطويفة إلى مجموعات *Groups* يجمع معادن كل مجموعة تشابهها في

الخواص البلورية والبنائية . فمثلا تصنف طويقة السيليكات الهيكلة (تكتوسيليكات) إلى أربعة مجموعات على هذا الأساس هي :

Silica group	مجموعة السليكا
Feldspar group	مجموعة الفلسبار
Felspathoid group	مجموعة الفيلسباثويد
Zeolite group	مجموعة الزيوليت

وتضم كل مجموعة عدداً من الأنواع Species ، كل نوع له صفاته الكيميائية والبنائية الخاصة والتي تميزه عن نوع آخر في المجموعة التي تضمها. فمثلا تضم مجموعة الزيوليت أنواعا من المعادن كل واحد منها يتميز عن النوع الآخر بتركيبه الكيميائي الفريد . ولكن في بعض الأحيان يكون هناك تدرج في التركيب الكيميائي بين نوعين أو أكثر من المعادن لتكون مايعرف باسم متسلسلة (أو متتالية) Series . فمثلا ، تضم مجموعة الفيلسبار متسلسلة البلاجوكلاز التي تتدرج في تركيبها الكيميائي من البلاجيوكليو الصودي ، من ناحية ، والبلاجيوكليو الكالسيوم ، من ناحية أخرى ، وبين الطرفين يوجد بلاجيوكلاز يحتوي على الصوديوم والكالسيوم بكميات متدرجة بين الطرفين . [أنظر جدول (٢٥) وشكل (١٧٦) ، صفحة ١٧٦] .

والنوع Species من المعادن قد يضم عدة نويات Subspecies- أو أصناف Varieties . ويتميز النوع عن النويات الأخرى للنوع الواحد بأن له تركيب كيميائي متغير بين حدين تم الاتفاق على اختيارهما ، فمثلا اللابرادوريت Labradorite هو هذا النوع من نوع البلاجيوكليز الذي تتراوح كمية سيليكات الألومنيوم والكالسيوم به بين ٥٠ - ٧٠ بالمائة ، والباقى سيليكات الألومنيوم والصوديوم (٣٠ - ٥٠ ٪) [أنظر جدول (٢٥) صفحة ١٧٦] . كذلك يعتبر الكوارتز الذي يتكون في درجات حرارة عالية (بين ٥٧٢° و ٨٧٠° م) - يطلق عليه اسم كوارتز عالي الحرارة أو ألفا كوارتز α quartz - والذي يختلف في بنائه الذري وشكله البلوري

هي البكوارتز الذى يتبلور فى درجات حرارة منخفضة (أقل من ٥١٢°م) - يطلق عليه اسم كوارتز منخفض الحرارة أو بيتا كوارتز β - quartz . يعتبر هذان الاثنان نوعين من نوع البكوارتز .

أما الصنف Variety فهو نوعية من المعدن متغيرة فى تركيبها الكيميائى أو فى صفاتها الفيزيائية عن بقية الأصناف الأخرى التابعة للنوع الواحد من المعدن . فمثلا ، هناك صنف من معدن الزويسيت *Zoisite* يطلق عليه اسم *Thulite* لأن لونه وردي ، وهناك صنف من معدن تتراهدريت *Tetrahedrite* يطلق عليه اسم *Freibergite* لأنه يحتوى على فضة . والإتجاه الحديث فى تسمية المعادن ألا تطلق أسماء مميزة على هذه الأصناف الكيميائية من المعادن ، ولكن تلاحق بإسم المعدن (النوع) صفة مميزة تشير إلى الاختلاف الكيميائى . فمثلا ، يستبدل اسم *Freibergite* حاليا بإسم *argentian tetrahedrite* .

وبالاختصار ، يمكن تسلسل أقسام التصنيف الكيميائى - البلورى للمعادن كما يلى :-

Subclass	الطوبقة	Class	الطائفة
Type	النمط	Group	المجموعة
Series	السلسلة	Species	النوع
Variety	الصنف	Subspecies	النوع

ويجب ألا يغيب عن الذهن أن تصنيف المعادن ماهو إلا محاولة من جانب جيولوجى المعادن للتبصر والتدبر والتفهم للمعادن ونشأتها . ولكن نشأة الطبيعة وخلقتها لا تعرف الحدود الفاصلة الجامدة ، فالمعادن - ولو أن منها المتشابه وغير المتشابه - إلا أنها جميعاً تمثل وحدات متدرجة ومتطورة فى خواصها تتشوى فى وحدة الأرض ، ذلك الكوكب المتناسق فى خواصه ، والذى هو وحدة من وحدات الكون . ووحدات الكون تتدرج كلها من الصغير - القرة وما هو أصغر منها - إلى الكبير - النجوم وما هو أكبر منها - كلها تنتظم فى وحدة واحدة هى وحدة الخلق التى بنيت على قوانين العلم (سن الخالق الواحد) .

وهكذا يجب أن ننظر إلى أن تصنيف الأشياء ذات الصبغة العلمية لا يمر فقط نوعاً من التنظيم التسمي (الأوشفي) ، ولكنه يعتبر أيضاً أساساً للتصنيف والمقارنة . فإذا نظرنا إلى التصنيف هذه النظرة فإنه يقودنا بالتالى خطوة إلى الامام نحو تقدم العلم ، ويؤدى بنا إلى التفكير فى خلق الكون من حولنا بصورة أفضل ، ومن ثم وضع الأساس لاتجاهات جديدة فى البحث عن الحقيقة ... الحقيقة التى أودعها الخالق الأوحى فى كل مظهر وفى كل نظام من مظاهر وانظمة الكون ، وما خلقنا السماوات والأرض وما بينهما لاجين ، ما خلقناهما إلا بالحق (= بالعلم) ولكن أكثرهم لا يعلمون ، [صدق الله العظيم] .

وقد يلى أمثلة من المعادن الشائعة مصنفة تصنيفاً كيميائياً على أساس الفرق الحامضى دون ذكر تفاصيل التصنيف فى كل قسم (طائفة) من الأقسام الكيميائية الثمانية ، وقد أرجأنا هذه التفاصيل إلى موضوع وصف المعادن [الجزء الثانى من الكتاب] حيث تناقش تصنيف كل طائفة فى مقدمة الحديث عنها .

١ - المواد العنصرية NATIVE ELEMENTS

الفلزات العنصرية : الذهب ، الفضة ، النحاس ، البلاتين ، الحديد .
أشياء الفلزات العنصرية : الزرنيخ ، البزموت .
اللافلزات العنصرية : الكبريت ، الألماس ، الجرافيت .

٢ - الكبريتيدات والاملاح الكبريتية SULFIDES AND SULFOSALTS

HgS	سنيار	Ag ₂ S	أرجنتيت
As ₂ S ₃	ريالجار	Cu ₂ S	كالكويت
As ₂ S ₅	أوربنت	Cu ₃ FeS ₄	بوريت
Sb ₂ S ₃	ستينيت	PbS	جالينا
FeS ₂	بيريت	ZnS	سفاليريت
FeS ₃	مركريت	CuFeS ₂	كالكوبيريت
FeAsS	أرستينوبيريت	FeS	بيرويت
MoS ₂	مولبدنيت	CuS	كوفيليت
Cu ₂₀ As ₄ S ₂₀	تاتيت	Cu ₂₀ Sb ₄ S ₂₀	تراهيدريت

۲- اکسیدها و هیدروکسیدها OXIDES AND HYDROXIDES

FeTiO_3	ایلمنیت	Cu_2O	کوپریت
TiO_2	روتیل	MgO	پیریکلین
MnO_2	پیرولوسیت	ZnO	زنکیت
SnO_2	کاسیت	Al_2O_3	کوراندم
UO_2	یورانیت	Fe_2O_3	هماتیت
MgAl_2O_4	سپیل	HFeO_2	جرونیت
FeCr_2O_4	کرومیت	FeFe_2O_4	ماجنیت
FeO(OH)	لیدوکروسیت	MnO(OH)	مانجانیت

۳- هالیدها HALIDES

CaF_2	فلوریت	NaCl	هالیت
NaAlF_6	کریولیت	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{Cl}$	آناکامیت

۴- کربنات‌ها و البورات‌ها CARBONATES, etc.

MnCO_3	رودوکروزیٹ	CaCO_3	کالسیت
FeCO_3	سیدریت	MgCO_3	ماجنزیت
SrCO_3	سترونشیانیت	CaCO_3	آراجونیت
FeCO_3	سیدریت	BaCO_3	ویذریت
$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$	آزوریت	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$	ملاکیت
NaNO_3	نتر سدی	KNO_3	نتر

۵- سولفات‌ها و الومینات و الفسفات‌ها SULFATES, etc.

PbSO_4	انگلیزیت	CaSO_4	آپتیت
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	گچس	BaSO_4	باریت
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	ایسومیت	SrSO_4	سلستیت
PbMoO_4	ولفریت	PbCrO_4	کروکویت
CaWO_4	شپایت	$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$	ولفرامیت

٧ — الفوسفات والزرنيخات والفاندرات PHOSPHATES, etc.

أباتيت $\text{Ca}_5(\text{F,Cl,OH})(\text{PO}_4)_3$: مونازيت $(\text{Ce,La,Th})\text{PO}_4$

٨ — السيليكات SILICATES

أوليفين (سيليكات الحديد والمغنسيوم) ، الزرقون (سيليكات الزركونيوم) .
جارتيت [سيليكات الألومنيوم (وعناصر ثلاثية) والمغنسيوم
(وعناصر ثنائية)] .

تورمالين (سيليكات الألومنيوم والمغنسيوم والبورون والهيدروكسيد) .
بيريل (سيليكات الألومنيوم والبيريليوم) .

أوجيت (سيليكات الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والألومنيوم) .
هورنبلند (سيليكات الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والألومنيوم مع
الهيدروكسيد) .

بيرويت (الميكاسوداء) (سيليكات البوتاسيوم والحديد والمغنسيوم
والألومنيوم مع الهيدروكسيد) .

مكوفيت (الميكابيضاء) (سيليكات الألومنيوم والبوتاسيوم مع
الهيدروكسيد)

تلك (سيليكات المغنسيوم مع الهيدروكسيد) .
أرتوكليز وميكروكلين (سيليكات الألومنيوم والبوتاسيوم) .
البلانجوكليز (سيليكات الألومنيوم والصوديوم والكالسيوم) .
نفيان (سيليكات الألومنيوم والصوديوم) .
لوسيت (سيليكات الألومنيوم والبوتاسيوم) .

تصنيف المعادن تبعاً للعناصر والشقوق القاعدية

تصنف المعادن في بعض الأحيان تبعاً للعناصر ، ويستفاد من هذا التصنيف
في النواحي الاقتصادية واستغلال المعادن في الصناعة . وفيما يلي بعض العناصر

(مرتبة إيجديا) وأمثلة من المعادن التي تحتوى عليها (للتعرف على التركيب الكيميائى للمعدن يرجع إلى تصنيف المعادن تبعاً للشق الحامض وكذلك إلى وصف المعادن فى الجزء الثانى من هذا الكتاب ، أرقام صفحات هذه المعادن موجودة فى دليل المعادن فى آخر الكتاب) .

ألومنيوم : كوراندوم ، سينيل ، بوكسيت ، (صخر يتكون من معادن ألومينية مختلفة) ، جارنت ، توباز ، بيريل ، كاولينيت ، فلبسبار ، تيفين ، لوسيت .

باريوم : ويزريت ، باريت .

بوتاسيوم : سلفيت ، بوليك ، ألونيت ، أرتوكليز .

تجستن : ولفراميت ، شيليت .

تيتانيوم : الملبيت ، روتيل ، سفين .

حديد : بيريت ، مركريت ، هيماتيت ، الملبيت ، ماجنتيت ، جونيت

(لمبوليت) ، ولفراميت .

ذهب : عنصر الذهب ، كالافيريت .

رصاص : جالينا ، سيروسيت ، انجليزيت .

زونيخ : عنصر الزونيخ ، ريلجار ، أوربنت ، أرسينوبيريت .

زنك : سفاليريت ، فرانكلينيت ، سميثونيت ، هيميمورفيت ،

زئبق : سنبار .

فضة : الفضة النضرية ، أرجنتيت ، بيرارجريريت .

فوسفور : أبانتيت ، مونازيت .

قصدير : كاسيتريت .

كروميوم : كروميت .

منغنسيوم : دولوميت ، ماجنيزيت ، أوليفين ، تلك ، سربنتين ،

مولبدنوم : مولبدنيت ، ولفينيت .

نيكل : نيكوليت ، ميلهيريت ، بتلانديت ، جارنيريت .

يورانيوم : يورانينيت ، كارنوليت .

الباب السابع

نشأة المعادن

Origin of Minerals

أوضحنا وتناقشنا على الصفحات السابقة الخواص البلورية للمعادن : البلورات والأشكال البلورية ومجموعات المعادن المتبلورة والخواص الفيزيائية للمعادن : لونها ومعدنها وبريقها وانفصائها وصلادتها ووزنها النوعي - والخواص الكيميائية للمعادن : العناصر المكونة لها واختبارها وقوانين اتحادها والعلاقات بين المعادن المختلفة كيميائياً والمتشابهة بلورياً (التشابه الشكلي) ؛ والعكس ، العلاقات بين المعادن للمتشابه كيميائياً والمختلفة بلورياً (التعدد الشكلي) ؛ وأخيراً العلاقات بين المواد المختلفة كيميائياً والمختلفة بلورياً (الحدادع الشكلي) والآن لننقب قليلاً عند هذه المرحلة لنجيب على سؤال يلح علينا في الإجابة عليه لفيتشكل الصورة التي نكونها لأنفسنا عن المعدن ولنحدد معالم هذه الصورة . هذا السؤال هو : كيف تكونت المعادن في الطبيعة ؟ وتحت أية نوع من الظروف تم هذا التكوين ؟ وهل طرأ على المعدن تغيير ما منذ تكوينه ؟ وما هو نوع هذا التغيير ؟

وعندما ننهي من الإجابة على هذه الأسئلة يكون قد تجمعت لدينا معلومات أساسية وتكونت لدينا فكرة واضحة عن التاريخ الطبيعي للمعادن ، أو بعبارة أخرى نشأة المعادن . فدراسة نشأة المعادن هي في الحقيقة دراسة لتاريخها الطبيعي ومن أم خصائص المعادن - كما ورد في تعريفها - أنها منتجات طبيعية ، أي تكونت بفعل عوامل طبيعية .

ويمكن إرجاع نشأة المعادن وتكوينها في الطبيعة إلى أصول أربعة :

١ - التكوين من سوائل طبيعية مصهورة تعرف باسم الحمم (Magma) والالافا

(الحمم) Lava : تحت غالبية المعادن المكونة للقشرة الأرضية من مصلب مادة

صخرية مصهورة . أي أن هذه المعادن عبارة عن مكونات للصخور النارية

(أي مجموعات المعادن التي تصلبت من المادة المصهورة) . Igneous Rocks

٢ — التكوين من محاليل : وقد يكون التبلور من محاليل مياه أرضية (من أصل جوى) ذات درجة حرارة عادية ، مثل تكوين ملح الطعام (هاليت) ؛ أو تتكون المعادن من محاليل مياه نشطة (من أصل نارى) ذات درجة حرارة عالية وضغط كبير نسبيا ، وترسب المعادن المتبلورة من هذه المحاليل في الشقوق والفجوات ، أو قد تحمل عمل معادن وصخور أخرى .

٣ — التكوين من الغازات والابخرة : وذلك بأن تبلور بعض المعادن من مواد غازية مباشرة (دون أن تمر بالحالة السائلة) . ويحدث هذا كثير بالقرب من فوهات البراكين حيث تتصاعد كثير من غازات المواد المتسامية التي لا تلبث أن تتكثف بالقرب من فوهة البركان مرسبة بلورات معادن مختلفة . وقد يحدث أيضاً أن تتفاعل الغازات النشطة في جوف الأرض مع المعادن والصخور التي تقابلها لتكوين معادن جديدة .

٤ — التكوين من مواد صلبة (للمعادن الموجودة في الصخور المختلفة) : وذلك نتيجة لتغير في الظروف المحيطة بها . فقد ترتفع درجة حرارة الوسط الذي توجد فيه نتيجة لتدخل جسم نارى بالقرب منها ، أو يرتفع الضغط الواقع على المعدن نتيجة لحركات القشرة الأرضية والاضطراب بعض الصخور والطبقات على بعضها ، أو يتعرض المعدن لموجة من الأبخرة والغازات النشطة التي تغیر من الجو الكيميائى المحيط بالمعدن ، أو قد تشترك كل هذه الظروف مجتمعة مع بعضها . وفي كل من هذه الحالات لابد أن يكتيف المعدن نفسه للوسط والظروف الجديدة . وفي بعض الأحيان يقتضى الأمر أن يتحول المعدن الاصلى إلى معدن جديد يختلف تماماً عنه ويتلائم مع الظروف الجديدة .

١ — تكوين المعادن من المادة الصخرية المصهورة

إن الغالبية العظمى من المعادن المكونة للقشرة الأرضية قد تكونت نتيجة لتصلب المادة الصخرية المصهورة التي تعرف بأسم *Magma* ، ونعني بكلمة *Magma* البائل الصخري ذا درجة الحرارة العالية الموجود أسفل القشرة الأرضية على أعماق ذات حرارة عالية وضغط كبير . أما كلمة *لافا* (أو *لاية* أو *حم*) *Lava* فنعني بها السائل الصخري المرتفع الحرارة الذي يظهر على سطح

الأرض حيث الضغط قليل (الضغط الجوى العادى) . وقد سبق أن عرفنا الصخر بأنه مخلوط طبيعى من عدة معادن ويكون جزءاً أساسياً من القشرة الأرضية . وتعرف الصخور التى تتبلور من المagma باسم الصخور النارية Igneous rocks ومن أمثلتها الجرانيت Granite والدايوريت Diorite والبازلت Basalt . ويمكن اعتبار المagma على أنها محلول معقد ثقيل تتحرك فيه العناصر المختلفة بحرية وتحت ظروف خاصة مواتية تتحدد هذه العناصر مع بعضها لتكون المعادن .

وتتوقف المعادن الناتجة التى تتكون الصخور النارية على التركيب الكيميائى للمagma . ولقد قدر أن العناصر الثمانية التالية تكون - فى المتوسط - نحو ٩٩ ٪ من مجموع العناصر الموجودة فى المagma : الأكسجين ، السليكون ، الألومنيوم ، الحديد ، المغنسيوم ، الكالسيوم ، والصوديوم ، والبوتاسيوم . أما الواحد فى المائة الباقية فتشمل العناصر المختلفة مثل الايدروجين والكربون والكبريت والفوسفور والكلور وكذلك الفلوات الاقتصادية مثل الذهب والتلص والبلاتين والقصاص والونك ... الخ .

وتوجد العناصر الثمانية الشائعة (التى تتكون ٩٩ ٪) بنسب مختلفة فى المحاليل الصخرية المنصهرة المختلفة (المagma المختلفة) . وتوجد العناصر المختلفة فى المagma حيثة محاليل السيليكات المختلفة التى بها بعض الأكاسيد والكبريتيدات : وتتلور السيليكات أولاً من المagma لتعطى المعادن السيليكاتية الهامة المكونة للصخور وهى : الفلسبارات البلاجيوكليزية (سيليكات الألومنيوم والصوديوم والكالسيوم) ، والاوليفين (سيليكات الحديد والمغنسيوم) ، ومعادن البيروكسين Pyroxenes (مثل معدن أوجيت Augite - سيليكات الكالسيوم والألومنيوم والحديد والمغنسيوم) ، ومعادن الامفيبول Amphiboles (مثل معدن هورنبلند Hornblende - سيليكات الكالسيوم والألومنيوم والحديد والمغنسيوم والماء) ، والميكا Mica (مثل البيوتيت Biotite - سيليكات البوتاسيوم والألومنيوم والحديد والمغنسيوم والماء ، والمسكوفيت Muscovite - سيليكات البوتاسيوم والألومنيوم والماء) ، والفلسبارات البوتاسية (ومن أمثلتها الارثوكليس والميكروكلين Microcline - معدنان متعددان الاشكال تركيبها الكيميائى سيليكات البوتاسيوم والألومنيوم) والكوارتز (ثانى أكسيد السليكون) .

وتتكون الصخور النارية أساساً من هذه المعادن . مثال ذلك ، يتكون أحد أنواع الجرانيت من معادن الأرتوكليز والكوارتز والبيوتيت . أما صخر الجابرو فيتكون من الألباجيوكليز والأوجيت . وفي بعض الأحيان قد تفلور أكسيد وكبريتيدات الفلزات النافعة (مثل الحديد والتيتانيوم والنحاس والكروميوم ... الخ) من magma لتتكون رواسب الخامات Ore Deposits (أى الرواسب ذات القيمة الاقتصادية) ومن أمثلتها الماجنتيت (أكسيد الحديد) والإلميت (أكسيد الحديد والتيتانيوم) والكروميت (أكسيد الحديد والكروم) والكالكوبريت (كبريتيد النحاس والحديد) . وتتكون هذه الرواسب الركازية بانفصال هذه المعادن مباشرة من magma - نتيجة لعدم قابليتها للذوبان في magma - وتجمعها في هذه الرواسب . وتحتوى magma أيضاً على كميات صغيرة من بعض المواد الطيارة volatile (أو المواد الممعدنة mineralisers) ذائبة فيها مثل بخار الماء وغاز الكاوكور والفلور والكبريت وثاني أكسيد الكربون ... الخ .

ولا تدخل هذه المواد أو المكونات بكميات كبيرة في التركيب الكيميائي للمعادن التي تبلورت من magma في المراحل الأولى ، ونتيجة لذلك فإنها تتجمع وتتركز في السائل المتبقى من magma . ولما كان بخار الماء هو أكثر هذه المواد وجوداً فإن هذا السائل المتبقى من magma في النهاية يتكون أساساً من محلول مائي ذي درجة حرارة عالية . يعرف بأسم المحاليل المائية الحارة Hydrothermal solutions أو المحاليل الماجمائية Magmatic solutions .

٢ - تكوين المعادن من المحاليل :

تكونت كثير من المعادن في الطبيعة نتيجة لتبلورها من المحاليل مثل معدن هاليت (NaCl) وكالسيت (CaCO₃) الخ . وهناك مصدرين مختلفين للمحاليل المائية التي توجد في القشرة الأرضية :

(١) المياه السطحية (مثل الأمطار والأنهار) التي تسرب خلال المسام والشقوق والفواصل في الصخور المختلفة لتغطي المياه الأرضية أو المياه الجوفية

. ground or meteoric waters

(ب) المياه المجاثمة وهي عبارة عن المحاليل المتبقية من الجها، وتكون ذات درجة حرارة عالية ومركوة جداً . وتعرف هذه المياه باسم المحاليل المائية الحارة . وتتلور أى من هذه المحاليل نتيجة لإحدى الطرق الطبيعية التالية : —

١ — بخر السائل المذيب : تحتوى مياه البحار والمحيطات والبحيرات المالحة على أملاح كثيرة مذابة فيها ومكونة لمياه ملحية . وعندما تتركز نسبة هذه الأملاح في هذه المحاليل نتيجة لبخر الماء المذيب فإنها تصل إلى درجة ترسب بعدها بعض المعادن . والمعروف أن مياه البحر تحتوى على الأملاح التالية :

Ca SO_4 (٠.٦ ٪) ، MgSO_4 (٠.٩ ٪) ، MgCl_2 (٠.٧٨ ٪) ، NaCl (٠.٤ ٪) ، KCl (٠.٢ ٪) . أى أن هذه الأملاح الخمسة - كلوريدات الصوديوم والمغنسيوم والبرتاسيوم وكبريتات المغنسيوم والكالسيوم - تكون ٩٩ ٪ من الأملاح الموجودة في البحر . وعندما تتبخر مياه البحر تتلور هذه الأملاح أو بمجموعات معينة منها من المحلول بترتيب درجة ذوبانها . فيتلور أولاً — بصفة عامة — الملح الأقل ذوباناً : كربونات الكالسيوم ثم كربونات المغنسيوم ويليه الملح الأكثر ذوباناً : كبريتات الكالسيوم ، ثم تنتهى عملية التلور بأكثر الأملاح ذوباناً مثل كلوريد الصوديوم .

٢ — الترسيب من المياه الأرضية نتيجة لفقدان الغاز الذى يعمل كمذيب : تحتوى المياه الأرضية المتحركة في القشرة الأرضية في بعض الأحيان على كميات لا بأس بها من غاز ثنائي أكسيد الكربون مذاباً فيها ، وتتحول هذه المياه إلى حامض ضعيف (هو حامض الكربونيك) . وعندما يصادف هذا الحامض الضعيف في طريقه صخوراً جيرية (كربونات الكالسيوم) فإنه يذيبها حيث تتكون بيكربونات الكالسيوم القابلة للذوبان في الماء ، ولكن لما كان هذا المركب الكيميائي الأخير مركباً غير مستقر unstable فإنه يفقد — تحت ظروف كثيرة — ما به من ثنائي أكسيد الكربون المذاب في الماء ليتحول إلى الكربونات المستقرة (أو الناتجة) التي لا تذوب في الماء فترسب في الحال . كما يمكن كالتسيت كما في المعادلات الكيميائية التالية .



كالتسيت

وفي المناطق الرطبة كمية الأمطار والتي تكثر فيها الصخور الجيرية ، تنذيب المياه الأرضية كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم وتحدث فراغات كبيرة تعرف باسم الكهوف -caves- . وعندما تتغير المياه من هذه الكهوف يترسب منها معدن الكالسيت في هيئة أعمدة مجرّوبة يتدلّى بعضها من سقف الكهف وتعرف باسم استلاكتيت stalactite . ويرتفع بعضها قائماً على أرضية الكهف وتعرف باسم استلاجميت stalagmite . وهناك بعض الينابيع تخرج منها مياه مذاب فيها ثاني أكسيد الكربون ويكربونات الكالسيوم ، وعندما تفقد ثاني أكسيد الكربون نتيجة التبخر تترسب منها الكربونات في هيئة مسحوق أبيض متماسك في هيئة كتل مختلفة حول الينابيع ، وتعرف هذه الرواسب باسم ترافرتين Travertine .

٢ - انخفاض درجة حرارة المحلول وضغطه : تتكون المحاليل المائية الحارة (المحاليل المجهّية) في ظروف ذات درجات حرارة وضغط عالية ، وتحتوى - نتيجة لذلك - على كميات كبيرة من المواد المنذبة مثل الأكاسيد والكبريتيدات والكربونات . . . الخ . وعندما تبرّد هذه المحاليل وينقل ضغطها يترسب منها معادن مختلفة تعرف بالمعادن المائية الحارة . ولقد قدمت هذه الرواسب المعدنية المائية الحارة إلى ثلاثة أقسام على أساس درجة حرارة المحلول الذى ترسبت منه والعمق الذى تكوّن فيه ؛ وهذه الأقسام الثلاثة هي :

١ - رواسب عالية الحرارة Hypothermal deposits : تتكوّن من محاليل ذات درجات عالية من الحرارة (٥٠٠° - ٣٠٠°م) وتحت ضغط كبير ، أى في أعماق بعيدة من سطح الأرض . ومن أمثلتها الرواسب التي تتحوّل معادن الولفراميت Wolframite (تجسّات الحديد والمنجنيز) والمولبدنيت Molybdenite (كبريتيد المولبدنوم) والكاستيريت Cassiterite (أكسيد القصدير) والجارنيت والتوباز والابازيت .

٢ - رواسب متوسطة الحرارة Mesothermal deposits : وهذه الرواسب تتكوّن من محاليل ذات درجات متوسطة من الحرارة (٣٠٠° - ٢٠٠°م) وتحت ضغط متوسط أى على أعماق متوسطة . ومن أمثلتها الرواسب التي

تحتوى معادن الكالسيوم وسفاليت وجالينا وأرسينويريت وتراهيريت وكالسيت وباريت .

٣ - رواسب منخفضة الحرارة Epithermal deposits : وهذه الرواسب تتكون من محاليل ذات درجات حرارة أقل من المتوسط (٢٠٠ - ٣٥٠ °م) وتحت ضغط أقل من المتوسط ، أى قريباً نسبياً من سطح القشرة الأرضية ومن أمثلتها الرواسب التى تحتوى معادن السنبار (كبريتيد الزئبق) والاستينيت (كبريتيد الالسيوم) والمركوزيت (كبريتيد الحديد) والكالسيت والفلوريت والاوليال والكوارتز .

وعندما تدخل المياه الأرضية (من أصل جوى وذات درجة حرارة منخفضة) فى مناطق ساخنة أثناء تجرؤها فى القشرة الأرضية فإن درجة حرارتها لانتبت أن ترتفع ، وتسخن هذه المياه وتصبح قادرة على إذابة المعادن التى تقابلها وتبقى هذه المحاليل تحت ضغط حتى تجد منفلاً لها (قد يكون شقاً أو شرجاً فى القشرة الأرضية) فتنفذ منه لتظهر على سطح الأرض فى هيئة ينابيع حارة متفجرة تعرف باسم جايروس Geyers . وبمجرد أن تنخفض درجة حرارة هذه الينابيع المتفجرة ويقل الضغط عليها فأنها ترسب كميات كبيرة من الرواسب السيليسية النقية الحبيبات التى تعرف باسم السنترا السيليسى Siliceous Sinter أو الجايرويت Geyserite ، عبارة عن مادة بيضاء مسامية مكونة من ثلثي أكسيد السليكون .

٤ - تفاعل المحاليل مع المواد الصلبة والإحلال : قد يتفاعل محلول يحتوى على كبريتات الزنك مع الحجر الجيري ، كالسيت ، وينتج عن هذا التفاعل تكوين معدن سميثسونيت Smithsonite . كبريتات الزنك ، وكبريتات الكالسيوم وتعرف هذه العملية التى يتغير فيها المعدن الصلب إلى معدن آخر جديد بفعل المحاليل باسم الإحلال replacement أو التحول السائلى ، metasomatism . ويحدث غالباً أن يذيب المحلول المعدن الذى يصادفه ويرسب مكانه فى نفس الوقت معدناً آخر . ويحفظ المعدن الجديد بالشكل الخارجى للمعدن القديم . وتكون مادة المعدن الجديد - نتيجة لذلك - شكلاً كاذباً للمعدن القديم . ومن أمثلة ذلك الخشب الأوبال Opalized wood الذى تتج من إحلال معدن الأوبال

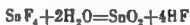
($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) محل المادة السيلوزية المكونة للخشب بواسطة المحاليل المحملة
بثاني أكسيد السليكون ، ولا يزال الاوبال في هذا الخشب محتفظاً بالمظهر
الخشبي .

٥ - تأثير الكائنات الحية على المحاليل : تستخلص بعض الكائنات الحية
مثل المرجان والرخويات ، المحاريات ، كربونات الكالسيوم من مياه البحار
التي تعيش فيها وتفرزها في هيئة أصداف وأجزاء صلبة ضمن أجسامها . وترسب
كربونات الكالسيوم في هذه الاجزاء الصلبة إما في هيئة معدن كالسيت أو معدن
أراجونيت . كما أن هناك أنواعا معينة من البكتريا يمكنها امتصاص أكاسيد
الحديد أو الكبريت من المياه التي تعيش فيها والتي تحتوى على الحديد أو
الكبريتات مذابة فيها . فإذا ماتت هذه البكتريا وتكدست تكوّنت رواسب
معدنية تحتوى على أكاسيد الحديد أو الكبريت .

٣ - تسكير المعادن من الغازات :

قلنا أن المجا تحتوى على غازات ومواد طيارة مذابة فيها تحت ضغط كبير
وفي درجة حرارة عالية . وقد لاحظنا أن هذه المواد الطيارة والغازية - بصفة
عامة - لا تدخل في التركيب الكيميائي للمعادن التي تتبلور في المراحل الأولى من
المجا (أوليفين - بيروكسين - أمفيبول - فليسيار ... الخ) ونتيجة لذلك تصبح
المجا في المراحل الأخيرة من عملية التبلور غنية بهذه المواد الطيارة . وتحت
ظروف موالية ، كان يقل الضغط الواقع عليها نتيجة لمصادفتها الشروخ أو
التواصل أو المسام في الصخور ، تترك هذه المواد الطيارة والغازات المجا
التبقية وتتفاعل مع بعضها البعض أو مع الصخور المحيطة بها . وتشمل هذه المواد
الطيارة والغازات بخار الماء (أكثرها وجوداً) والكالور والفلور واليورون
والكبريت والركبات الطيارة لهذه العناصر . أما إذا كانت المجا قريبة من
السطح أو على السطح ، لا فاء ، كما في انفجارات البراكين - فإن هذه المكونات
الطيارة تهرب لفة الضغط عليها ثم لا تلبث أن تبرد وتتجمد بسرعة لتتسبب
مباشرة في هيئة صلبة حول فوهة البركان . ومن أمثلة المعادن التي تتكون
بهذه الطريقة الهاليت ، وملح الامونيا sal-ammoniac ، والكبريت ،
وحامض البوريك .

أما إذا لم تهرب الغازات - لأن المجما كانت على أعماق بعيدة من سطح الأرض - فانها تتفاعل مع الصخور المحيطة بالجسم الناري « مجما جرابية » وتتكون معادن جديدة نتيجة لهذا التفاعل بين الغازات والصخور الصلبة والذي يعرف باسم التحول الغازي Pneumatolysis أو Pneumatolytic Action . من أمثلة المعادن الناتجة من التحول الغازي Pneumatolytic minerals معادن الكاسيتريت (ثاني أكسيد القصدير) الذي يوجد غالباً مع معادن الفلوريت في صخر واحد، ويتكون المعدنان نتيجة لتفاعل فلوريد القصدير (مادة طيارة تهرب من المجما) مع الماء (خارج المجما) وينتج أكسيد القصدير وحامض الفلوردريلك الذي يتفاعل بدوره مع الكالسيت المكون للصخور الجيرية وينتج معادن الفلوريت كافي المعادلات الكيميائية التالية :



كاسيتريت مركب طيار



فلوريت كالسيت

ومن المعادن الأخرى التي تتكون نتيجة للتحول الغازي معادن التورمالين Tourmaline « سليكات البورون والألومنيوم والحديد والمنغنسيوم والصوديوم، الذي يتكون نتيجة لتفاعل المواد الطيارة الغنية بالبورون مع صخور المنطقة . ومعادن التوباز Topaz « سليكات الألومنيوم والفلورين، الذي ينتج من تفاعل غاز الفلور مع صخور المنطقة ، ومعادن الأباتيت Apatite « فوسفات وكلوريد أو فلوريد الكالسيوم، الذي ينتج من تفاعل مواد طيارة تحوى الفسفور والكبريت والفلور مع صخور المنطقة الجيرية .

٤ - تكوين المعادن من مواد صلبة بواسطة التحول Metamorphism

تتغير المعادن المكونة للصخور وكذلك بناؤها . وخواصها تغيراً كاملاً إذا أثرت عليها عوامل خاصة أهمها الحرارة والضغط وبخار الماء والتفاعلات الكيميائية . وتعرف هذه التغيرات التي تطرأ على المعادن باسم التحول Metamorphism . وقد تتحول الأنواع المختلفة من الصخور النارية والرسوبية لتنتج صخوراً متحولة . وقد يحدث التحول في منطقة عديدة تحيط بالجسم الناري

المتدخل في الصخور، ويعرف هذا التحول باسم التحول المحدود أو الحرارى. وقد يحدث التحول على نطاق واسع نتيجة للحركات الأرضية البانية الجبال، *Orogenic movements*، ويشترك في هذه الحالة عاملا الضغط والحرارة في تحويل الصخور الأصلية ويعرف هذا التحول باسم التحول الإقليمي أو التحول الحرارى الضغطى. وينتج عن التحول الحرارى معادن جديدة أكثر من المعادن التى تتكون نتيجة التحول الحرارى الضغطى، إذ أن هذا الأخير يظهر أثره في التمديلات المختلفة التى يحدثها في بناء الصخور أكثر من تكوين المعادن الجديدة. ومن أمثلة المعادن التى تتكون بفعل التحول الحرارى: الجرافيت، من تبلور الكربون الموجود في الصخر المتحول،، الجارنيت، من اتحاد أكاسيد سليكات الحديد والالومنيوم،، ولاسترونيت *Wollastonite* ($CaSiO_3$)، من اتحاد كربونات الكالسسيوم وثانى أكسيد السليكون بفعل الحرارة... الخ.

تحال المعادن بالعوامل الجوية

بمجرد أن تتكون المعادن وتعرض للعوامل الجوية المختلفة فإنها تكون عرضة للتغير، ويعرف هذا التغير باسم التأثير الجوى أو التجوية *Weathering*. وقد يكون هذا فيزيائياً أو كيميائياً، أما التأثير الفيزيائى فهو الذى يؤدي إلى تكسير المعادن وتفتيتها *disintegration* ويحدث هذا بواسطة عوامل فيزيائية مثل انخفاض درجة الحرارة وارتفاعها، وكذلك بفعل الجاذبية والرياح والانهيار وقيامها بنقل الحبيبات المدفونة من مكان إلى آخر فتتبرى وتتكسر وتسد رحوفها.

أما التأثير الكيميائى فهو الذى يذهب من معالم المعدن ويحول مركباته الكيميائية إلى مركبات كيميائية جديدة أى إلى معادن جديدة، ولذلك تعرف هذه العمليات باسم التحلل *Decomposition*، وتشمل عمليات كيميائية يدخل فيها الأكسجين، الماء، الهواء، وثانى أكسيد الكربون، الكربنة. وقد تحدث هذه العمليات الكيميائية بسرعة أو ببطء. وفي معظم الأحيان تشترك هذه التفاعلات الكيميائية مع بعضها البعض فيفتج على أسطح المعادن المعرضة للعوامل الجوية معادن جديدة عبارة عن كربونات أو أكاسيد أو مركبات ناتجة للفترات المكونة للمعادن الأصلية. وقد تبقى هذه على السطح لتندل على المعادن الأصلية التى تحتها، أو قد تذوب في مياه الأمطار والسيول لترسب مرة أخرى

في العروق القريبة من سطح الأرض ، أو قد تنتقل إلى الأنهار ومنها إلى البحار حيث تترسب في الأملاح المختلفة في البحر .

ومن أمثلة المعادن التي تتكون نتيجة لعمليات الكربنة (تأثير ثاني أكسيد الكربون الذائب في الماء) تكوين معدن الكالسيت $CaCO_3$ في هيئة عذبان أسطوانية متدلاة من سقف الكهوف تعرف باسم الاستلاكتيت Stalactite . وأخرى قائمة على أرضية هذه الكهوف وتعرف باسم إستلاجميت Stalagmite .

ومن أمثلة الأكسدة تكوين الرواسب المعروفة باسم اللاتريت Laterite وهي عبارة عن غلايط من معادن أكاسيد الحديد والالومنيوم المتخشب ، وفي هذه الرواسب تغلب نسبة أكسيد الحديد على الالومنيوم . وقد تكونت هذه الرواسب المعدنية نتيجة لأكسدة المعادن الحديد ومغنيسية في الصخور النارية في المناطق الإستوائية الحارة الرطبة . أما إذا كانت نسبة المعادن الحاوية للحديد قليلة جداً في الصخر المتحلل ، مثل البيرائيت والسيانيت وغيرهما من الصخور الغنية بالفلسبارات ، فإن الراسب المتبقى من التحلل يتكون معظمه من معادن أكسيد الالومنيوم المائية ويعرف هذا الراسب باسم بوكسيت Bauxite . ومن المعادن التي تتأكسد بسهولة معدن البيريت (FeS_2) وهو معدن أصفر براني يتأكسد أولاً إلى كبريتات الحديدوز والكبريت تبعاً للمعادلة التالية .



بيريت

أما كبريتات الحديدوز فهي سهلة الذوبان وسريعة التحول إلى مواد أخرى ، كما أن الكبريت يتأكسد إلى أكاسيد الكبريت المختلفة .

ومن أمثلة التآكل اتحاد الماء مع مختلف المركبات المعدنية لتكوين معادن مائية ، ثم معادن الفلسبار لتغطي المعادن الطينية clay minerals ، وحمض معدن الإنديريت $CaSO_4$ يغطي معدن الجبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

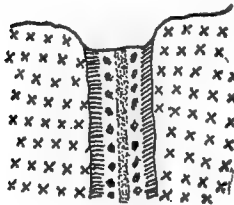
الباب الثامن

وجود المعادن في الطبيعة

Occurrence of Minerals

كيف توجد المعادن في الطبيعة ؟ هل توجد بمفردها أم توجد في مجموعات ؟ وفي هذه الحالة الأخيرة هل هي متمازجة مع بعضها البعض أو سائبة ! وما هو شكل الاجسام الناتجة من هذه المجموعات والمخاليط الطبيعية ؟

توجد المعادن في الطبيعة إما في هيئة بلورات مفردة ملتصقة مع بلورات أخرى من نفس المعدن ، أو مع بلورات معدن آخر ، وفي العادة تكون هذه البلورات اللتصقة attached متجهة بأوجه بلورية من أحد طرفيها . ولكن في معظم الأحيان توجد المعادن منتشرة أو مبعثرة dissiminated في معادن أخرى ، لتسكون مجموعات أو مخاليط المعادن المروفة باسم الصخور . وفي هذه الحالة توجد المعادن في هيئة حبيبات أو جسيمات غير منتظمة . ولكن في بعض الأحيان تظهر أوجه بلورية وتكون بلورة المعدن متجهة بأوجه من الطرفين . وقد تمتلئ الشقوق والفواصل والشروخ في القشرة الأرضية بالمواد المعدنية فتظهر المعادن في الطبيعة في هيئة عروق veins . وتختلف



شكل (١٧٨)

هذه العروق من حيث إنساعها وأنواع معادنها وترتيب هذه المعادن فيها من مكان إلى آخر . ومن منطقة إلى أخرى ، فقد يظل العرق محتفظا بإنساعه وقضائته لمسافات طويلة وجانبيا أو رأسيًا ، ولكن قد يتغير هذا الانساع من مكان إلى آخر فيبدو كأنه متفتحا

في بعض أجزائه ومنكشاً في أجزاء أخرى. وقد توجد المعادن مرتبة في العروق ومصفوفة في هيئة طبقات أو صفوف، ويعرف العرق في هذه الحالة بإسم عرق مصف *banded vein*. شكل (١٧٨)، وفي هذه الحالة تكون المعادن مصفوفة بنظام واحد وأنواع واحدة من جانبي العرق حتى منتصفه، وفي هذه الحالة يوصف العرق بأنه متماثل التصفيق، أما إذا كانت المعادن مختلفة من أحد الجوانب إلى الجانب الآخر فيوصف العرق بأنه غير متماثل التصفيق.

وتحتوى العروق على نوعين من المعادن: معادن ذات قيمة اقتصادية (يمكن إستغلالها بفائدة) ويطلق عليها إسم معادن خامات *ore minerals*، وهذه المعادن الركزية تكون غالباً عبارة عن معادن الفلوات مثل الجالينا والذهب والكالكوبريت والبوريت، أما المعادن عديدة الأهمية في تكوين العرق، والتي ليس لها فائدة اقتصادية فتعرف بإسم معادن أرضية *gangue minerals* فتلا عندما يستغل الذهب من أحد عروق الكوارتز الحاملة له يعتبر الكوارتز في هذه الحالة معدن أرضي (لا فائدة منه).

ولما كانت العروق قد تكونت في الطبيعة بصفة أساسية نتيجة لترسيب المعادن من المحاليل فإنه يمكن تقييم العروق التي تكونت من المحاليل المائية الحارة *hydrothermal* إلى ثلاثة أنواع تبعاً لدرجة حرارة المحلول الذي ترسبت منه.

١ - عروق عالية الحرارة: *Hypothermal veins* (٣٠٠° - ٥٠٠°م) معادنها ترسبت عند درجات حرارة عالية وضغط عال. تحتوى على معادن كاسيتريت، وفرايميت، موليبدنيت، ذهب.

٢ - عروق متوسطة الحرارة: *Mesoothermal veins* (٢٠٠° - ٣٠٠°م) ترسبت معادنها في ظروف متوسطة من الحرارة والضغط. وتحتوى هذه العروق على معادن بيريت، كالكوبريت، سجالينا، سفاليريت، كوارتز، سبنريت.

٣ - عروق منخفضة الحرارة: *Epithermal veins* (٢٠٠° - ٥٠°م) وتحتوى على معادن سايار، ستيتيت، مركريت، بيريت، ذهب، كوارتز، كالسيت، فلوريت.

وقد توجد بعض المعادن في الطبيعة نتيجة لإحلال محاليلها محل معادن أخرى وذلك بإذابة المعادن الأصلية وترسيب المعادن الجديدة محلها في نفس الوقت ، ويتضح عن ذلك أن تظهر مثل هذه المعادن الإحلالية أو الرواسب الإحلالية Replacement mineral deposits ، يظهر المعدن القديم ، أى تأخذ شكله ، وتوجد في الطبيعة في هيئة أشكال كاذبة .

وقد توجد المعادن مائكة ل فراغات تشبه الكرات الصغيرة حيث يطن للمعادن سطح الكرة الصخرية من الداخل ، وتعرف هذه الكرات الصغيرة المبطن بالمعادن (غالباً في هيئة باورات جيدة الأوجه ؛ باسم geodes or vugs .

أما بالنسبة لمكان وجود المعدن في الطبيعة فقد توجد المعادن في نفس المكان الذى تكونت فيه . وتعرف في هذه الحالة باسم معادن أصلية primary أو معادن محلية أو معادن موضعية in situ وهذه المعادن لم تنتقل من مكان نشأتها . أما إذا انتقل المعدن من مكانه الأصلي إلى مكان جديد — لم يثأ فيه — وذلك بفعل الرياح أو الأنهار ... إلخ فيعرف باسم معدن ثانوى أو منقول Secondary وتعرف الرواسب المعدنية الناتجة باسم رواسب ثانويه ، ومن أمثلتها رواسب التجمعات placer deposits ، وبعضها يحتوى على الذهب أو الكاسيتريت أو معادن أخرى ذات قيمة إقتصادية مختلطة بالرمل والحصى . وقد تتجث هذه الرواسب عن تجميعها في مواضع معينة بواسطة الأنهار أو السيول التى نقلتها من مصادرها الأصلية بعد أن تفتت — ورسبتها في تجمعات على جانبي الوديان وشواطئ الأنهار أو عند المصببات على شاطئ البحر . فثلاً ، إذا وجد الذهب في عروق الكوارتز (المرو) يقال إن الذهب يتواجد في مكانه أو موضعه الأصلي ، أما إذا استخلص الذهب من الرمال والحصى المتجمعة في نهر أو بحيرة فيقال إن الذهب يتواجد في تجمعات منقولة . ويتواجد البلاتين والألماس والكاسيتريت (أكسيد القصدير) في الطبيعة بنفس الصورة أيضاً ، فإما أن توجد هذه المعادن في عروق (مواضعها أصلية) أو في رواسب التجمعات (منقولة) .

الصخور Rocks

تمثل الصخور المظهر الشائع لمجموعات المعادن في الطبيعة . وهناك نوعان من الصخور لا يتكون كل منهما من المعادن ، ولكن يتكون أحدهما من مواد عضوية (ليست معادن) ، وهذه هي الأنواع المختلفة من صخر الفحم Coal ، ويتكون الآخر من زجاج طبيعي (مواد غير متبلورة) تتجمد نتيجة لتبريد اللافا الحمم ، السريع على سطح الأرض ، ولم تتح أية فرصة لتمر بلورات معدنية من هذه المادة المصهورة . وقد يتكون الصخر من معدن واحد فقط ، ولكن مثل هذه الحالة هي استثناء وليست عامة ، وحتى لو كان الصخر مكونا من معدن واحد فإن وجوده بكميات هائلة حيث يكون طبقات مترامية الأطراف أو جبال كبيرة يجعله أقرب إلى الصخور منه إلى المعادن ، إذ لا يمكن أن تتوافر فيه أهم صفات المعدن وهي التجانس في جميع أجزائه . وعادة تتكون الصخور من خمسة إلى عشرة معادن أو أكثر .

والمعادن الأساسية في تكوين الصخور لا تعدو عشرين معدنا فقط هي : معادن الفلسبار والفلسباتويد (feldspathoids) (تشبه معادن الفلسبار في التركيب الكيماوي ولكن نسبة السليكا فيها أقل) والبيروكسين والامفيبول والميكا والأوليفين والايديوت والجوارت والكلوريت والتلك والسربنتين والكاولينيت والمعادن الطينية والكوارتز والهيماتيت والماجنتيت والكالسيت والدولوميت والجبس والأنهيدريت والهاليت .

والصخر بجانب كونه عبارة عن مجموعة من المعادن ، فانه كذلك لابد أن يكون جزءا أساسيا في تركيب القشرة الأرضية . وفي هذه الحالة يكون الصخر خاصية مميزة تفرقه عن صخر آخر وتجمعه وحدة قائمة بذاتها . وعلى ذلك يمكن اعتبار الصخر على أنه الوحدة الأساسية في بناء الأرض ، أما المعدن فهو وحدة الصخر . وتختلف الصخور عن بعضها البعض من حيث أنواع المعادن المكونة لها ، وعلاقة هذه المعادن ببعضها البعض في الصخر الواحد . كذلك تختلف من حيث موضع تكوينها في الكرة الأرضية .

وقد يتكون الصخر من مواد سائبة غير متماسكة مثل الرمل والحصى ، وقد

يتكون من وحدات متساكنة تماماً ، ويكون الصخر في هذه الحالة شديد الصلادة مثل الجرانيت والبازلت ، أى لا تعتبر الصلادة من الخواص الضرورية لتعريف الصخر . وتكوين الصخور من الأشياء التى تشاعدها بوميا - فالأمطار تكسح الطين إلى البحيرات والأنهار ، وهذه الأخيرة تنقله بدورها إلى البحر حيث يترسب ويكون الصخور الطينية . أما مياه البحيرات المالحة فعندما تبخر مياهها تترسب الصخور الكيماوية . والأمواج على شاطئ البحر تكسر فى صخور الشاطئ وتعيّلها إلى قطع وفئات صغيرة ، ثم ترسبها فى هيئة رمال . أما البراكين فإنها تقذف بالحلم واللافا التى تتبلور وتتجمد لتغطى الصخور النارية البركانية .

ويمكن تقسيم الصخور حسب نشأتها إلى ثلاثة أقسام رئيسية .

١ - الصخور النارية Igneous Rocks . وتشمل جميع المواد الأرضية التى كانت فى فترة سابقة مواد مصهورة ، أو يتمير آخر الصخور التى تجمدت من مواد مصهورة (بحما أو لافا) مثل الجرانيت والبازلت .

٢ - الصخور الرسوبية : Sedimentary Rocks . وتشمل جميع المواد الأرضية التى ترسبت بواسطة عوامل طبيعية مثل المياه والرياح والثلج والنباتات والحيوانات ومن أمثلتها الحجر الرمل والحجر الجيري والطين .

٣ - الصخور المتحولة Metamorphic Rocks . وهى صخور كانت فى أول تكوينها إما نارية أو راسبية ثم تأثرت بعوامل أدت إلى تعرضها إما لحرارة مرتفعة جداً ، أو لضغط عظيم أو للثنين معا . فاكسبت من جراء ذلك معالم جديدة ليست لأى من نوعي الصخر الأصليين . أى أنها تحولت من الحالة الأصلية (نارية أو رسوبية) إلى حالة جديدة (متحولة) . ومن أمثلتها الشست والنيس .

وتقدر النسبة المئوية لتوزيع الصخور الأصلية فى القشرة الأرضية كما يلى .

صخور مجمائية (نارية)	٩٥ ٪
صخور طينية	٤ ٪
صخور رملية	٧٠ ٪
صخور جيرية	٣٠ ٪

الصخور النارية

تتكون الصخور النارية نتيجة لتجمد magma في داخل الأرض أو تجمد اللانفا على سطح الأرض .

ويمكن تحقيق الصخور النارية على أساس الخواص التالية .

- ١ - التركيب المعدني
- ٢ - التركيب الكيميائي
- ٣ - اللون
- ٤ - التسيج .
- ٥ - شكل وجودها في الطبيعة
- ٦ - البناء .

١ - التركيب المعدني Mineralogical Composition

تتطور بعض المعادن من magma عندما تبرد وتصل إلى درجة فوق التشبع بالنسبة لهذه المعادن . وتنقسم المعادن الهامة المكونة للصخور النارية إلى قسمين : ١ - معادن أساسية و ٢ - معادن إضافية . فالمعادن الأساسية هي التي توجد في الصخور بكميات كبيرة والتي يتوقف عليها خواص الصخر واسمها . وتشمل المعادن الأساسية مايلي : الفلبيارات ، البيروكسينات ، الأامفيولات ، الميكا ، الفلبياتويدات (مثل لوسيت $KAISi_3O_8$ Leucite ، نيفيلين $NaAlSi_3O_8$ Nepheline) ، الأوليفين ، الكوارتز . أما المعادن الإضافية - كما يدل عليها الاسم - فهي التي توجد بكميات صغيرة ، وعلى ذلك لا تؤثر كثيراً في خواص الصخر . وتشمل هذه المعادن الإضافية الماجنتيت ، الأليمنت . البيريت ، الأباتيت ، الوردون ، الروتيل ، سفين $(CaTiSiO_6)$ Sphene وتتطور المعادن الإضافية أولاً وتأخذ أشكالاً بلورية كاملة ، ويتبعها في التطور المعادن الحديدية ومغنيسية مثل الأوليفين والبيروكسينات والأامفيولات ، وبأى بعد ذلك معادن الفلبيارات البلاجيوكلزية والبوتاسية (الأرتوكلين) ثم الكوارتز . ويفسر هذا النظام البلوري تكوين الأنواع المختلفة من الصخور من magma الأصلية الواحدة . فترسب المعادن الفقيرة في السليكا (القاعدة) أولاً عند درجات الحرارة العالية ، (أعلى من ١٠٠٠ م تقريباً) وذلك لأنها أقل المعادن

٢ - التركيب الكيميائي Chemical Composition:

عما سبق يتبين أن التركيب المعدني للصخر الناري يتوقف بصفة أساسية على التركيب الكيميائي للمagma. فإذا كانت magma غنية بالسيلكا فإن الصخر الناتج سوف يحتوى على معادن غنية بالسيلكا وكذلك معدن الكوارتز. أما إذا كانت magma فقيرة في السيلكا فإن الصخر الناتج سوف يحتوى على معادن فقيرة في السيلكا ولا يحتوى على كوارتز بالمرة. نتيجة لهذا اتخذت نسبة ثنائي أكسيد السيليكون أساساً لتصنيف الصخور كيميائياً إلى:

(أ) صخور حمضية Acid rocks: وهذه تحتوى على نسبة من السيلكا أكثر من ٦٥ ٪ (من ٦٥ ٪ إلى ٨٠ ٪). أما نسبة الحديد والمغنسيوم بها فقليلة ولذلك فلون هذه الصخور فاتح، وتحتوى على معادن أثر كالكز أو ميكروكلين بكثرة، كذلك البلاجيوكلين الصودي والكوارتز، وكمية قليلة من المعادن الحديد ومغنيسية (مثل البيوتيت). ومن أمثلتها الجرانيت والجرانودايريت والريوليت والألبيت والفلسيت.

(ب) صخور متوسطة Intermediate rocks: نسبة السيلكا بها بين ٥٢ ٪ و ٦٥ ٪، ونسبة الحديد والمغنسيوم بها متوسطة. ولونها أغرق من الصخور الحمضية. ومن أمثلتها الديوريت والأنديسيت والسيانيت والتراكيت.

(ج) صخور قاعدية Basic rocks: نسبة السيلكا بها أقل من ٥٢ ٪ ونسبة الحديد والمغنسيوم بها أعلى من النوعين السابقين، ولونها أغرق يميل إلى التواد. وهذه الصخور تحتوى على المعادن الحديد ومغنيسية بكثرة وكذلك البلاجيوكلينات الكلسية. نسبة متوسطة، ولكن لا يوجد كوارتز. ومن أمثلتها الجابرو والدوليريت والبازلت.

٣ - اللون Color:

عما سبق يتبين لنا أن لون الصخر الناري يختلف تبعاً للتركيب الكيميائي والمعدني، وعلى ذلك يمكن استعمال هذه الخاصية في التفرقة بين أنواع ثلاثة من الصخور النارية: صخور فاتحة اللون (حمضية)، وصخور متوسطة اللون (متوسطة)، وصخور قاتمة اللون (قاعدية)، لا يحتوى على كوارتز بالمرة.

٤ - النسيج Teturo

وكما تختف الصخور النارية لدرجة كبيرة بالنسبة لتركيبها المعدني والكيميائي فإنها تختلف أيضاً بالنسبة إلى حجم البلورات والحيبيات المكونة لها وشكلها وترتيبها ، وتبين هذه الخواص المختلفة للمعادن المكونة للصخر الناري وعلاقتها ببعضها البعض هو تعيين الخاصية النسيج .

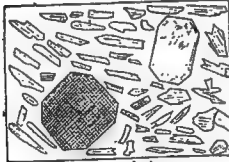
أى أن لفظ النسيج يطلق على الحجم النسبي لبلورات المعادن المكونة للصخر وشكلها وطريقة ترتيبها . ويتوقف النسيج على السرعة التي بردت بها magma . فالصخور التي تكونت في جوف الأرض بعيدة عن السطح لابد أنها بردت ببطء شديد يسمح بنمو البلورات وكبر حجمها أثناء تجمد magma ، وينتج عن ذلك أن يتكون الصخر المتبلور في مثل هذه الظروف ، أى في مناطق بعيدة عن السطح ، نسيج خشن Coarse texture ، ويمكن رؤية مكوناته المعدنية وتمييزها بكل سهولة بواسطة العين المجردة . مثل هذه الصخور تعرف عادة باسم الصخور الجوفية Plutonic rocks . أما إذا ظهرت magma على سطح الأرض في هيئة حم فإنها تبرد وتتجمد بسرعة . وتحت هذه الظروف لا تجد البلورات الصغيرة البادئة في التشكون فرصة النمو . ويحدث أن يتكون صخر دقيق الحبيبات Fine grained ، ويعرف النسيج بأنه نسيج دقيق الحبيبات . ويمكن تمييز البلورات في هذه الحالة بواسطة عدسة مكبرة .

أما إذا لم يمكن تمييز البلورات إلا بمساعدة الميكروسكوب فيسمى نسيج الصخر الناري في هذه الحالة باسم نسيج مجهرى التبلور Microcrystalline texture . وهناك بعض الحالات لا يمكن تمييز البلورات فيها حتى بالميكروسكوب المادى ولكن يمكن معرفة أنها متبلورة بواسطة استقطابها للضوء (أى تجعل الضوء المار بها يتذبذب في مستوى محدد ، وهذه الخاصية الضوئية تحدث بواسطة المواد المتبلورة - أى ذات البناء الذرى النظم - أما المواد غير المتبلورة فإنها لا تستقطب الضوء أى لا توجد مستويات ذبذبية) وذلك باستعمال الميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscope ، صفحة ١٥٠ ، وفي هذه الحالة يسمى نسيج الصخر الناري نسيج خفي التبلور Cryptocrystalline texture .

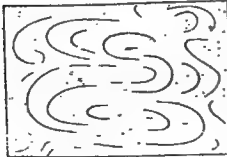
وتتفق جميع هذه الأنواع المختلفة السابقة من النسيج في أن جميع بلوراتها مقاربة تقريبا في الحجم ، ولذلك يقال أنها متساوية الحبيبات أو منتظمة الحبيبات Even grained ، شكل (١٨٠ - ١) . ولكن هناك صخور يظهر فيها ما يسمى بالنسيج البورفيرى Forphyritic texture ، شكل (١٨٠ - ب) وفي هذه الحالة نجد عدداً من البلورات الأكبر حجماً موزعة في أرضية (قاعدة) Groundmass مكونة من حبيبات أكثر دقة . وتسمى البلورات الكبيرة في هذه الحالة باسم phenocrysts .



١ - نسيج منتظم الحبيبات



ب - نسيج بورفيرى



ج - نسيج وبنجى

وكثير من الصخور البركانية التى تكونت على السطح لما تسيب زجاجية ، شكل (١٨٠ - ج) glassy texture ، أى لا توجد بها بلورات بالمرة ، وذلك لبرودة الحمم وتجمدها بسرعة لم تسمح لتكوين بلورات بالمرة .

وفي الطفوح البركانية السمكية نلاحظ أن الأجواء الخارجية (التى تلامس الهواء و سطح الأرض) ذات نسيج زجاجى لأنها بردت بسرعة ، بينما تكون الأجواء الداخلية دقيقة البلور أو عجزية البلور . وعندما تتمدد الغازات في الطغح البركانى وتهرب منه في النهاية فإنها تترك فراغات في الصخر الناتج تعرف باسم الفقائيع vesicles ، ويتشع ما يسمى بالنسيج الفقاعى . وقد تتخلل هذه الفقائيع بمادن ثانوية ترسبت من محاليل مرت بهذه الفقائيع فيتكون ما يسمى بالنسيج الامبيدالى

Amygdoeloidal texture

شكل (١٨٠) أمثلة من أنسجة الصخور النارية

٥ - شكل ومود الصخور النارية في الطبيعة . Mode of occurrence

تصلب magma أو المادة المصهورة إما في جوف الأرض أو على سطحها أو بين هذين ذلك . وينتج في كل من هذه الحالات نوع من الصخور النارية يتميز بصفات خاصة من ناحية درجة التبلور وحجم البلورات الناتجة وشكلها وترتيبها وعلاقتها ببعضها . أي باختصار يتميز بنسيج خاص . وما سبق ذكره في البند السابق يتبين لنا بوضوح كيف أن النسيج يتفق بوجه عام مع مكان تكوين الصخر الناري . وعلى ذلك يمكن تصنيف الصخور النارية (حسبية ومتوسطة وقاعدية) على أساس مكان تكونها إلى ثلاثة أصناف :

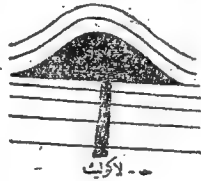
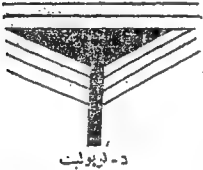
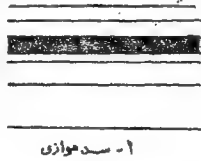
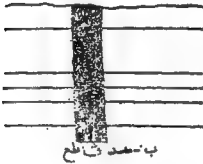
(١) الصخور الجوفية Plutonic rocks وهي التي تصلبت على أعماق كبيرة في جوف الأرض تحت عوامل من الضغط والحرارة جعلت التبريد بطيئاً وبذلك تمكنت المعادن المكونة لها من التبلور تبلوراً ظاهراً أي أنها ذات نسيج خشن .

ومن أمثلة هذا النوع صخور الجرانيت والديوريت والجايرو . وتوجد الصخور الجوفية في هيئة كتل ضخمة جداً تبلغ مئات الكيلو مترات المربعة في المساحة وتسمى قاعدتها كلما تعمقنا إلى أسفل شكل (١٨١ - و) وتعرف هذه الكتل من الصخور النارية الجوفية باسم batholith وتتكون هذه الكتل في العادة من صخور الجرانيت والأحجام الأصغر من هذه الكتل الصخرية النارية تعرف باسم بوس Boss أو ستوك Stock وهذه الأخيرة تبلغ مساحتها من ١ إلى ٤ كيلو متراً مربعاً فقط . ويرجع ظهور هذه الأشكال المختلفة من الصخور الجوفية على سطح الأرض الآن حيث تكون سلاسل الجبال المختلفة إلى عوامل التعرية التي فتت وحلت ثم جرفت وأزالت طبقات الصخور المختلفة التي كانت تغطيها ، وكذلك العوامل التكتونية (الحركات الأرضية) وكلها أدت إلى ظهور هذه الصخور الجوفية .

(ب) الصخور تحت السطحية (المتوسطة) Hypabyssal rocks وهي التي

تدخلت في صخور وبين طبقات القشرة الأرضية وتصلبت قريباً من السطح مما أدى إلى برودتها بسرعة أكثر من الجوفية (ولكن أقل من البركانية) وذلك فإن بلورتها دقيقة أو متوسطة ونسيجها دقيق التبلور .

وقد يكون هناك بعض البلورات التي قد نمت في الجها في جوف الأرض ثم انتقلت مع الجها المكونة لهذه الصخور تحت السطحية حيث ترسبت كبلورات كبيرة Phenocrysts تحيط بها بلورات دقيقة تكونت عندما تجمدت الجها بالقرب من السطح. ويكون مثل هذه الصخور نسيج بورفيرى شكل (١٨٠ - ب) . ومن أمثلة الصخور تحت السطحية البورفيريت والفلسيت والذوليريت . وتوجد هذه الصخور تحت السطحية في الطبيعة في هيئة سدود موازية Sill ، شكل (١٨١ - أ) أو سدود قاطعة dikes ، شكل (١٨١ - ب) . والأولى



شكل (١٨١) : رسوم توضيحية لبعض أشكال تواجد الصخور النارية في الطبيعة

عجارة عن كتل مسطحة من الصخور النارية نتجت من تدخل الحمما وتجمدها بين طبقات الصخور المحيطة . أما السدود القاطعة فقد نتجت من تدخل الحمما في الشقوق والكسور القاطعة للطبقات حيث تجمدت . وهي في ذلك الوضع تشبه الحائط الضيق نسبياً ذى الوجهين للتوازيين . وتراوح سمك هذه السدود القاطعة من سنتيمترات قليلة إلى مئات الأمتار ، ولكن الغالبية العظمى لا يزيد سمكها عن ثلاثة أمتار .

وقد تكون الأجسام النارية تحت السطحية في شكل نافوس ، وتعرف باسم لاكلوليث Laccolith ، شكل (١٨١ - ٢) . أو في شكل طبق ، وتعرف باسم لوبوليث Lopolith ، شكل (١٨١ - ٣) ، أو في شكل د السرج ، وتعرف باسم فاكلوليث phacolith ، شكل (١٨١ - ٤) ويشغل اللاكلوليث أو اللوبوليث في بعض الأحيان مساحات كبيرة تبلغ مئات الكيلومترات للمربعة ، ويتكون في أعماق بعيدة عن السطح .

(٥) الصخور السطحية أو البركانية Extrusive or Volcanic rocks وهي الصخور التي تصلبت على السطح قرب فوهات البراكين ، أو الشقوق ، التي خرجت منها اللافا إلى السطح . وقد بردت اللافا بسرعة فتجمدت بسرعة أيضاً لم تمنح للبلورات أن تنمو إلى حجم كبير أو أن تكون بالمرّة ، فتتج في الحالة الأولى نسيج مجهرى النباور أو خفي التبلور ، وتتج في الحالة الثانية نسيج زجاجي (غير متبلور بالمرّة) . ومن أمثلة هذه الصخور الريوليت والاندزيت والتراكيت والابسيديان والبالز . وتظهر هذه الصخور البركانية في هيئة طفوح لافية Lava flows ، وهي كتل من الصخور النارية البركانية منتشرة على مساحات واسعة وسمكها بسيط ولذلك فإنها تشبه الصفائح Sheets .

٦ - البناء Structure

تحتوى بعض الصخور النارية على بنيات إنشائية Flow structures ناتجة من وجود بعض بلورات المعادن المكونة للصخر موازية لبعضها تقريباً ، ومرتبة في اتجاه واحد ، وينتج هذا البناء من تحرك الحمما التي تبلور جزء منها ، أى أن البلورات كانت موجودة في وسط سائل متحرك ثم رقت نفسها في اتجاه الحركة .

وعند تمدد الغازات في الحم على سطح الأرض يتكون الصخر البركاني الناتج بناء قعاسي ، وهذه الفقائيع تأخذ شكلاً مستطيلاً (بيضاوياً) نتيجة لسيير اللافا وتحركها أثناء خروج الغازات من القفاعة . وقد تدخل المياه السطحية في هذه الفقائيع وترسب فيها بعض المعادن وخصوصاً معادن الزيوليت Zeolites (سليكات الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكالسيوم مع الماء) . وهذه المعادن ترسب غالباً في هيئة بلورات شعاعية (أى نصف قطرية من مركز الكرة إلى الخارج) ويعرف هذا البناء بالبناء الاميچدالى . وعندما تتجمد اللافا فقد يكون الصخر البركاني الناتج أملاً ومتوجاً ، وقد يكون في شكل الجبال Ropy . وقد تتجمد اللافا في هيئة وسادات pillows تراكم فوق بعضها ، ويحدث هذا غالباً في العافوح البركانية تحت سطح البحر . وقد توجد الصخور البركانية في هيئة قطع مكسرة fragments ذات أحجام مختلفة وذلك نتيجة لتراكم المواد المختلفة التي ينفذها البركان في الهواء (وهى مواد كانت مصبورة ثم بردت بسرعة فجمدت وتكسرت إلى قطع ذات أحجام مختلفة ، وتتراوح بين التراب البركاني الناعم جداً إلى الكتل السكروية أو البيضاوية الشكل والكبيرة الحجم وأتى تعرف باسم القابل Volcanic bombs) .

تصنيف الصخور النارية

توجد أنواع كثيرة من طرق تصنيف الصخور النارية ، ولكن التصنيف ذى الفائدة العملية بالنسبة للطلاب المبتدىء هو الذى يعتمد على التركيب المعدنى للصخر . ويتوقف القسم الذى يتبعه الصخر على الخواص الثلاثة التالية : -

١ - كمية السليكا الموجودة بالصخر : أكثر من ٦٥٪ أو أقل من ٥٢٪
أو بين هذا وذاك . والذى يدل على وجود السليكا بنسبة عالية وجود معدن الكوارتز . أما إذا لم يوجد الكوارتز فهذا يدل على انخفاض نسبة السليكا في الصخور .

٢ - نوع معدن الفلسبار الموجود في الصخر وكمية كل نوع على حدة :
وتشمل معادن الفلسبار الأنواع البوتاسية (أرثوكليس ميكروكلين الخ)

والأنواع البلاجيو كيزية (الصودية مثل الأليت والأوليغو كلز ، والكالسنية مثل لابرادوريت وأنورثيت) .

٣ - نوع التنجيع المحكون للصخر : أى حجم الحبيبات المختلفة . هل الصخر غش الحبيبات ، جوفى ، أو دقيق الحبيبات أو زجاجى ، بركانى ، ؟

وواضح أنه فى حالة كون الصخر دقيق الحبيبات يصعب أو يستحيل تحقيق المعادن المكونة له وبالأخص الكوارتز أو الفلسبارات ، كما أن تعيين نوع وكية الفلسبارات بدقة يكاد يكون من المستحيل أيضاً لإجراؤه فى الحقل أو بدراسة العينة بالعين المجردة . مثل هذه الدراسات الكمية الدقيقة تقوم بها فى المعمل وذلك باختبار ودراسة الترائح الرقيقة من الصخر بواسطة الميكروسكوب المستقطب . ولكن يجب ألا يفهم من هذا أن التصنيف المبسط للصخور بقصد التعرف عليها بطريقة عملية سريعة فى المعمل أو فى الحقل لالزوم له . والجدول التالى « جدول رقم ٢٧ » يمثل أقسام الصخور النارية الشائعة ، على أساس التركيب المعدنى والتنجيع .

وصف بعض أنواع الصخور النارية الشائعة .

الجرانيت والجرانودايوريت Granites & Granodiorites الجرانيت صخر فاتح اللون حبيباته خشنة ومنظمة ويتكون أساساً من معدنى الكوارتز والفلسبار [يوجد النوعين الأرثوكلز ، أو الميكروكلين ، والأوليغوكلز غالباً] ويمكن تمييز هذه المعادن بسهولة ، بالفلسبار البوتاسى لونه وردى أو أحر خفيف ، أما الأوليغوكلز فلونه أبيض به خطوط رفيعة ومتوازية ناتجة عن وجود التوائم عديدة التركيب ، أما الكوارتز فيمكن تمييزه بأنه لا يوجد به أى انفصام وله بريق زجاجى . ويحتوى الجرانيت بالإضافة إلى هذه المعادن على كمية بسيطة [حوالى ١٪] من الميكا أو الهورنبلند . أما الميسكافا فتكون مثثة بمعدنى البيوتيت ولو أنه قد يوجد بعض المسكوفيت . أما المعادن الإضافية القليلة فتشمل معادن الوردقون وسفين والابايتيت والماجنتيت . وهذه المعادن بطبيعة الحال يصعب أو يستحيل رؤيتها وتمييزها بالعين المجردة ، ولكن يمكن تمييزها فى القطع الرقيق بواسطة الميكروسكوب المستقطب . ويتدرج هذا الصخر إلى صخر آخر يعرف

صخور داكنة اللون (قاعدية)		صخور متوسطة اللون (متوسطة)		صخور فاتحة اللون (حمضية)		نسبة البليكا الوزن النوعي المعادن الأساسية
أقل من ٥٢ % ٢٩٠		من ٥٢ % - ٦٥ % ٢٨٠		أكبر من ٦٥ % ٢٦٥		
اوليفين أوجيت	بلاجيوكليس أوجيت	بلاجيوكليس هوربلند	ارتوكليس بلاجيوكليس	كوارتز - حارثوكلين - ارتوكليس - بلاجيوكليس ميكا	بلاجيوكليس - ميكا	نسب خشن التبلور نسب دقيق التبلور
بيدوتيت لبورجيت	جاو دولوميت - بازلت	ديوريت الديسيت	ميانيت تراكيت	جرانود يوريت	جرانيت	
	بازلت زجاجي		بشمتون		روليت	نسب زجاجي نسب فقاعي
					أبيديان	
	الريشيا والتروفا البازلتية			بوميس		نسب مركب من قطع
				الريشيا والتروفا الفلسطينية		

جدول (٢٧) أقسام الصخور النارية الشائعة

باسم صخر جرانوديوريت يحتوى على غالبية من البلاجيوكليز بدلا من غالبية الارثوكليز في الجرانيت . أى أن الجرانوديوريت يتكون من البلاجيوكليز والكوارتز وقليل ($\frac{1}{5}$) من الارثوكليز. وتلاحظ بالازدياد نسبة المعادن القائمة (الحديد ومغنيسية) كلما ازدادت نسبة البلاجيوكليز، ويتبع عن ذلك أن صخر الجرانوديوريت اغمق لونا من صخر الجرانيت ، ولكن مثل هذه الفوارق يصعب عادة تمييزها بين الصخرين في الحقل أو في العينة. وهذه الصخور كثيرة الانتشار في الصحراء الشرقية المصرية وشبه جزيرة سيناء ومنطقة أسوان .

السيانيت Syenite . صخر له نسيج حبيبي منتظم ولونه فاتح ويتكون بصفة أساسية من معادن الفلسبارات البوتاسية والأوليغوكليز وكميات قليلة جداً من المورنيلند والبيوتيت والبيروكسين . وهو في هذه الحالة يشبه الجرانيت إلا أن نسبة الكوارتز أصبحت قليلة جداً حيث لا يندوه $\frac{1}{5}$ ، وأصبح وجوده غير أساسى في تركيب الصخر. أما إذا زادت نسبة الأوليغوكليز عن الفلسبار البوتاسي فيصبح اسم الصخر مونزونيت Monzonite . وقد وجد معدن النيفلين Nepheline في صخر السيانيت بنسبة $\frac{1}{5}$ وفى هذه الحالة يعرف الصخر باسم سيانيت نيفلين . والنيفلين $(NaAlSi_3O_8)$ معدن ذو بريق صفى (أو شحمى) ويشبه الكوارتز ولكنه يميز عنه بهلادته الأقل (من $\frac{1}{2}$ إلى $\frac{1}{3}$) . وتحتوى بعض صخور السيانيت على معدن كوراندوم (Al_2O_3) .

الديوريت Diorite : صخر له نسيج حبيبي منتظم ولونه ميل إلى الداكن ويشتمل بوجود البلاجيوكليز (أوليغوكليز أو أنديسين) ، أما الكوارتز والارثوكليز فلا يوجدان وأما البيوتيت فقد يوجد بكمية قليلة ، والبيروكسينات نادرة الوجود في هذا الصخر . أما المعادن الإضافية فتشمل الالميت والاباتيت ويغلب على الصخر - كما قلنا - اللون الداكن نظراً لوجود المعادن الداكنة (الحديد ومغنيسية) بكميات غير قليلة : وهذا الصخر كثير الانتشار في الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء ، حيث يكون كثيراً من الجبال القائمة في هذه المناطق .

الجابرو Gabbro : صخر حبيبي منتظم متكون معظمه من المعادن الحديدية مغنيسية السوداء اللون . وتشمل فيها المعادن البيروكسين والأوليفين بصفة رئيسية وقد يوجد المورنيلند . فإذا كان كل الصخر تقريباً مكوناً من معدن البيروكسين

سمى بيروكسينيت pyroxenite . أما إذا كان مكوناً من الأوليفين سمي دونيت Dunite . أما إذا كان مكوناً من الهورنبلند سمي هورنبلنديت Hornblendite . وتحتوى صخور البيروكسينيت عادة على معادن الماغنيتيت والكروميت والإلجيت والجارث . كما أن بعض الأنواع تحتوى على البلاتين ، في معدن الكروميت ، والألماس . ومعدن الأوليفين سهل التحلل بالعوامل الكيميائية ، وينتج عن التحلل معدن البرنتين Serpentine [سليكات المضموم المائية] . فإذا كان كل صخر البيروكسينيت متحللاً فإن الصخر الناتج يعرف باسم صخر السربنتين Serpentine rock وهذا الصخر منتشر بين صخور الصحراء الشرقية المصرية

الصخور البركانية Volcanic Rocks

- وتشمل الريوليت Rhyolite (يقابل الجرانيت ولونه فاتح) ، والبازلت (يقابل الجابرو ولونه أسود) وكثير غيرها . ونظراً لأن هذه الصخور لها تسليج حقيق أو زجاجي لذلك فإنه يصبأ أو يستحيل التمييز بين معادنها المختلفة في السينة ، ويتميز البوميس pumice أو الحجر الخفاف بكثرة الفقاعات الهوائية فيه مما يجعله يطفو على سطح الماء . أما صخور الأبيديان Obsidian والبستون Pitchstone فهي صخور زجاجية متماسكة عديمة المسام .

المعادن المكونة للصخور النارية :

إن المعادن التي توجد في الصخور النارية كثيرة ، ولكن المعادن المكونة للصخور النارية بصفة أساسية قليلة نسبياً ويمكن - صهرها في قسمين : -

١ - معادن أساسية مكونة للصخور النارية .

٢ - معادن إضافية .

والبيان التالي يمثل المعادن الشائعة القائمة لهذه القسمين : -

١ - معادن أساسية شائعة في تكوين الصخور النارية :

١ - كوارتز (ثاني أكسيد السليكون) -

٢ - معادن الفلبيار .

- ٨ - روتيل (أكسيد التيتانيوم)
- ٩ - كوراندوم (أكسيد الألومنيوم)
- ١٠ - جرانيت (سليكات الألومنيوم والحديد).

صخور البجماتيت Pegmatites

هذه الصخور لها تسجج خشن جداً مكون من بلورات كبيرة . وترتبط هذه الصخور بالصخور الجوفية النارية من ناحية الأصل إذ يعتقد أن البجماتيت يتكون من المحاليل المتبقية بعد تبلور magma وتكون الصخور النارية الجوفية ، أى أنها تمثل المرحلة المتوسطة بين الصخور النارية الجوفية من ناحية والمحاليل المائية الحارة من ناحية أخرى .

وتوجد البجماتيت في هيئة عروق أو سدود قاطعة للصخور النارية الجوفية أو تمتد من هذه الصخور انارية إلى الصخور المحيطة بها .

والجراتيت يعتبر أكثر الصخور النارية اتصالاً بالبجماتيت (أى أن الاثنين من أصل واحد) . ولذلك يعرف البجماتيت باسم بجماتيت جراتيتي . والمعادن المسكونة للصخور البجماتيت تشبه إذن معادن الجراتيت أى تتكون من الكوارتز والفلسبار والميكا بصفة أساسية . ولكن مع وجود فارق واحد وهو أن هذه البلورات توجد في البجماتيت في أحجام كبيرة جداً . ففي بعض الحالات بلغ طول بعض البلورات عدة عشرات السنتيمترات (بدلاً من عدة ملليمترات) ، ويكثر نوع الميكروليت في هذه الصخور (بالنسبة إلى نوع الأرتوكلينز الذي يوجد في الجراتيت) .

وأهمية دراسة البجماتيت تنحصر في أن بعض الأنواع تحتوي على معادن ذات قيمة اقتصادية (مثل معادن الليثيوم وأحياناً معادن القصدير والتنجست) . أو بلورات معادن تستعمل أحجاراً كريمة مثل الومرد ، وهو نوع من أنواع البيريل $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ ، كذلك فهي مصدر لكثير من البلورات المعدنية الكاملة التي توجد بمكانها للعرض في كثير من متاحف المعادن في العالم .

الصخور الرسوبية

تعتبر الصخور الرسوبية ذات أصل ثانوى ، أى أن المواد المكونة لها آتية من صخور سابقة تفتت وتحلت بفعل العوامل الجوية المختلفة ، وترسب هذه المواد المفتتة فى أماكن تجمعها بواسطة المياه الجارية (الأنهار مثلاً) أو التلاجات أو الرياح . وتقوم عوامل التجوية weathering بعملية تحلل المعادن المختلفة (التحلل الكيميائى : الأكسدة - القواء - السكرنة - الإذابة) وكذلك بتفتت المعادن (التفتت الفيزيائى : التمدد والانكماش بالحرارة والبرودة) وينتج عن كل هذه العمليات تكوين المعادن الطينية والأملاح المختلفة وحيات صغيرة من المعادن التى تقاوم التحلل والتفتت (إلى حد ما) مثل البكوارتز والورقون والجارات والماجنتيت .

أين تشكّر الصخور الرسوبية .

إن الممرح الكبير الذى تم فيه عملية الترسيب هو البحر . فأحواض البحار والمحيطات ، ممتدة من الشواطئ الضحلة للقارات حتى أعماق الأعماق ، هى مآل ونهاية الشوط لإنتقال المواد المفتتة والمتملة كلة من الصخور بواسطة الأنهار فى معظم الحالات . وترسب معظم الرواسب التى يبلغ وزنها ملايين الأطنان سنوياً فى المياه الضحلة ، قريباً من الأرض ، وفى مدى ٢٠٠ إلى ٢٠٠ كيلو متراً من الشاطئ ، أما بعيداً عن ذلك ، وعلى قاع البحار والمحيطات فتتراكم الرواسب الدقيقة لاصداًف حيوانات مجهرية ، وكذلك الرمال البركاني الدقيق الذى تطوف به الرياح والتيارات الهوائية حول الأرض وينتهى به المطاف . ليسقط على سطح البحار والمحيطات ، ثم يهبط إلى القاع . وهناك رواسب تنتج من تآكل وتفتت الشواطئ بفعل الأمواج وهذه ترسب أيضاً على شاطئ البحر فى هيئة الحمى والرمل .

أما البحيرات الداخلية فإنها تتلقى رواسب من الأنهار التى تصب فيها وكذلك من الرياح . وهناك فى بعض البحيرات ترسب رواسب من الملح أو الجبس أو الطرون (كربونات الصوديوم المائية) نتيجة لبخر مياه البحيرة .

وهناك على سهول الفيضانات وشواطئ الأنهار ترسب كميات ضخمة من الرواسب النهرية . أما في البحيرات الضحلة ، والمستنقعات في المناطق الاستوائية الرطبة ، فتتراكم المواد النباتية لتتحول فيما بعد إلى صخور الفحم .

وهناك رواسب أخرى ترسب مباشرة على الأرض . فمعدن حواف الهضاب والجبال تراكم أكوام من المواد الصخرية المهشمة . وفي الصحارى تتراكم أكوام ذات أشكال مختلفة من الرمال والأتربة التي تذررها الرياح ، وتقلها من مكان إلى آخر . والتي تعرف باسم الكثبان الرملية . وفي بعض البلاد تنفجر ينابيع من باطن الأرض محملة بالمواد المعدنية الذائبة ، لا تلبث أن ترسب حول الفوارج بعد بخر المياه ، مسكونة رواسب معدنية مختلفة ، قد تكون جيرية أو سيليكية .

خواص الصخور الرسوبية

تتميز الصخور الرسوبية بصفة عامة بالخواص الآتية :

- ١ - وجودها في هيئة طبقات ، وتتميز هذه الطبقات عن بعضها البعض باللون والصلابة والنعيج وقد تكون الطبقات أفقية أو مائلة أو معقدة .
- ٢ - احتوائها على الحفريات ، وقد تكون هذه كبيرة أو مجهرية .
- ٣ - احتوائها على بعض المواد المعدنية الخاصة كالبتروول والفوسفات والفحم .
- ٤ - احتواء بعضها على مسام ، ولهذا المسام أهمية كبرى في توزيع البترول والمياه الأرضية ، والمحاليل المشبعة بالمواد المعدنية ، وكذلك في تخزين الغازات الطبيعية التي توجد تحت سطح الأرض .

التركيب المعدني للصخور الرسوبية

تختلف الصخور الرسوبية في تركيبها المعدني اختلافا كبيرا ، فبعضها يتركب من المواد الكربونية مثل الفحم ، وبعضها يتركب من كربونات الكالسيوم (كالسيت) مثل الصخر الجيري . وبعضها يتركب من مواد سيليكية (كوارتز) مثل الصخور الرملية (الأرانوكوارتزيت) ، وبعضها يتركب من معادن مركبات السيليكات المائية للألومنيوم (مثل الكاولين) كالصخور الطينية . ويلاحظ

وجود المعادن الآتية في كثير من الصخور الرسوبية على النحو الآتي : -

- ١ - الكوارتز : يكثر وجوده على الأخص في الرمل والصخور الرملية .
- ٢ - الكالسيت : يكثر وجوده في الصخور الجيرية كالبحر الجيري والطباشير .
- ٣ - معادن أكاسيد الحديد : يكثر الهاليت في الرواسب الحديدية الرملية مثل رواسب الحديد بأسوان . أما الماجنتيت فيوجد في رواسب الرمال السوداء المنتشرة على شواطئ الدلتا

٤ - الجبس : ويكثر وجوده في رواسب البحيرات .

٥ - الهاليت : ويكثر وجوده في رواسب البحيرات المالحة .

٦ - الطرونا (Trona) كربونات ويكربونات الصوديوم المائية) ويكثر وجودها في رواسب الطرانات كما هو الحال في وادي النطرون .

كما توجد معادن الفلبار والميسكا والهورتلند والتورمالين وغيرها من المعادن المختلفة - ولكن بكميات ضئيلة - في بعض الصخور الرسوبية .

تصنيف الصخور الرسوبية

تصنف الصخور الرسوبية تبعاً لطريقة نشأتها إلى أقسام ثلاثة كما يلي :

١ - رواسب ميكانيكية mechanical sediments : وهذه صخور مكونة من قطع مفتتة من صخور سابقة نقلت وترسبت دون أن يحدث لها تحلل كيميائي ، وكل ما حدث هو تفتت الحبيبات والقطع وترسيبها بواسطة الرياح أو الأمطار أو تكويناها على سفوح الجبال وفي الوديان نتيجة لسقوطها بفعل الجاذبية من قمم الجبال . ومن أمثلة هذه الصخور الكونجلوميرات والرمل والطين .

٢ - رواسب كيميائية chemical sediments : وهذه صخور تكونت نتيجة مواد مخلفة بعد بخر المحاليل التي تذوب وتحمورها . ويتبل هذا النوع من الرواسب في المناطق الصحراوية الحارة حيث تتعرض مياه البحيرات إلى درجة كبيرة من البخر ، لا يعض بخار الماء المفقود ما ينزل إليها أحيانا من مياه الأمطار القليلة . وتشمل هذه الرواسب الملح والجبس وبعض أنواع الحجر الجيري .

٣ - رواسب عضوية organic sediments : وهي نتيجة تراكم مواد خلقتها الحيوانات أو النباتات . ومعروف أن أغلب النباتات والحيوانات مكون من مواد صلبة وأخرى رخوة ، فإذا ماتت هذه الأحياء تعرضت الأجزاء الرخوة للتحلل والقناء . بينما يبقى المواد الصلبة إذا تراكت تحت عوامل مناسبة كرواسب قد تتحول فيما بعد إلى صخور . وتشمل هذه الأنواع معظم الصخور الجيرية والطباشير (تتكون من أصداف وعجارات الحيوانات المختلفة) والفوسفات والفحم .

أولاً - الصخور الرسوبية الباطنية

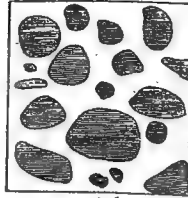
الكونجولوميرات Conglomerate : صخور مكونة من الحصى أو الزلط والرمل ممسك بعضها ببعض ، وتقطع الكبيرة منها (الحصى والزلط) مستديرة الشكل ، شكل (١٨٢ - ١) نظر لتفلقها بواسطة الأجار والمياه الجارية وقد تتكون من قطع من الكوارتز أو قطع صخرية (تشمل أكثر من معدن) وذلك يتوقف على المصدر الأرضي لهذه الكونجولوميرات . ويتدرج حجم القطع الصخرية المكونة للكونجولوميرات من حجم كبير (١٠ سم في القطر) إلى حجم صغير (يقرب من ٢ ملمتر في القطر) وفي هذه الحالة الأخيرة يتدرج الكونجولوميرات إلى الرمل الخشن .

الرمل والصخر الرمل Sands and Sandstones : يطلق لفظ رمل على كل صخر متفكك أو غير متفكك يختلف قطر حبيباته من ٢ ملمتر إلى ١/١٦ مم ، شكل (١٨٣ - ٢) ، ويصنف عادة إلى رمل خشن ورمل متوسط ورمل دقيق :

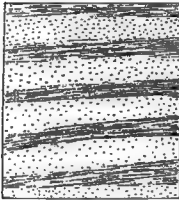
اسم الصخر	قطر الحبيبات
الحصى والزلط	أكبر من ٢ مم
رمل خشن جدا	٢ مم - ١ مم
رمل خشن	١ مم - ١/٢ مم
رمل متوسط	١/٢ مم - ١/٤ مم
رمل ناعم	١/٤ مم - ١/٨ مم



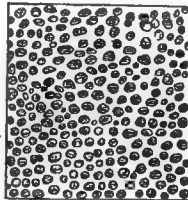
ب - بردشیا



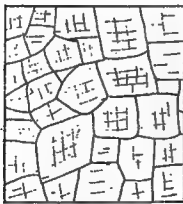
ا - کوپنلوسیات



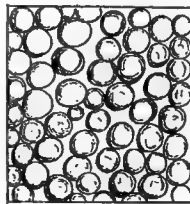
د - ظفیل



ج - رسل



و - مسلح موزیک



ه - حفره پیری پلرخی

شکل (۱۸۲) : رسم توضیحی لقاطم لی المصنوع الرسویة

الرمال	{ رمل ناعم جدا	: مم $\frac{1}{16}$ - مم $\frac{1}{8}$
الطين	{ غرين	: مم $\frac{1}{16}$ - مم $\frac{1}{8}$
	{ صلصال	: أقل من مم $\frac{1}{16}$

فإذا تماسكت الحبيبات الرمل كوقت ما يسمى بالصخر الرمل Sandstone .
 والمادة التي تسبب تماسك الحبيبات مع بعضها البعض قد تكون سليكا ، أو
 كربونات (كالسيت) أو أكسيد حديد (هيماتيت أو جونايت) أو مواد معدنية
 طينية دقيقة . ويتوقف لون الصخر الرمل إلى درجة كبيرة على لون هذه المادة
 اللاصقة (أو الماسكة) فإذا كانت سليكا أو كالسيت كان لون الصخر فاتحا :
 أبيض أو أصفر خفيف أو رمادي ، أما التي تحتوى على أكسيد الحديد فيكون
 لونها أحمر أو بني يميل إلى الاحمرار . ويلاحظ أنه عندما يكسر الصخر الرمل
 فإن الكسر يحدث في المادة اللاصقة وتبقى الحبيبات بدون كسر ، ويكون
 ملمس السطح المكسور حديثا حبيبي . وأهم المعادن المكونة للصخر الرمل
 (الارلوكوارتزيت) هو الكوارتز . فإذا احتوى الصخر على كمية كبيرة من
 الفلصبار فإنه يعرف باسم أركوز Arkose .

وإذا كثرت معادن الماجنتيت في الرمل أعطاه لونا أسود ، ويسمى لذلك الرمال
 أسود Black sand . ويوجد غالبا في هذه الرمال السوداء بعض المعادن التي
 تحتوى على العناصر المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم بجانب بعض العناصر
 وأملاحها . ومن أمثلة هذه الرمال : الرمل الأسود الذي يحمله النيل إلى البحر
 المتوسط فيرسب على الشواطئ بالقرب من رشيد ودمايط والعريش . وتستغل
 الرمال السوداء عند رشيد اقتصاديا الآن حيث يستخرج منها معدن الموانازيت
 (فوسفات السيريوم أساسيا ويوجد به نسبة بسيطة من الثوريوم) والورقون
 والماجنتيت والألمينيت والجارنت .

توجد الرمال في جمهورية مصر العربية موزعة في مساحات كبيرة جدا بجميع
 الصحارى المصرية . وخصوصا الصحراء الغربية والجزء الشمالى من الصحراء
 الشرقية وشبه جزيرة سيناء . وهي إما أن تغطى سهولا ممتدة ومعدة السطح
 من جراء تأثير الرياح فيها . وإما أن توجد في هيئة كتبان رملية Sand dunes
 (أكوام رملية) وهذه ترى قرب الشواطئ المصرية وفي أواصل الصحارى .

كذلك - يجد الرمال عند أقدام الجبال حيث ألقت بها الرياح التي تحملها -
الصخور الطينية Argillaceous rocks : يطلق لفظ غرين Silt أو لصال
 Clay على كل صخر سائب مكون من حبيبات متوسطة قطرها أقل من $\frac{1}{16}$ من المليمتر ،
 وهذه الحبيبات الدقيقة هي في العادة عبارة عن فئات الصخور والمعادن المختلفة -
 ولكن كثيراً منها عبارة عن معادن طينية Clay Minerals (سليكات ،
 الألومنيوم المائية) . والمعادن الشائعة في الصخور الطينية ، بجانب المعادن الطينية
 هي الكوارتز والميكا والفلبار . كذلك توجد بالمواد الطينية غالباً بقايا نباتات
 متحللة أو متفحمة ومواد جهرية . أما اللون الأسود الذي يلقب في كثير من
 الصخور الطينية فيرجع إما إلى انتشار مواد عضوية متحللة (الفبال) أو إلى
 وجود ذرات نباتية متفحمة أو ذرات من كبريتيد الحديد (البيريت) ، وهناك
 أنواع من الطين يسودها اللون الأحمر أو الأصفر أو الأخضر لوجود مواد
 ملونة بها مثل أكاسيد الحديد أو المنجنيز أو سليكات الحديد .

وقد ترتفع نسبة كربونات الكالسيوم في الطين فيسمى طين جهرى أو مارل
 Marl . ويحتوى الطين في المادة على نسبة صغيرة من الماء لا تتجاوز ١٥ ٪ ، فإذا
 فقد معظم هذا الماء فإنه يتصلب إلى كتل صخرية تسمى الصخر الطيني
 Mudstone ، إما إذا تصلب في هيئة طبقات رقيقة أو صفائح Laminæ
 لا تضغط الطين قبل أن يتم جفافه بواسطة ترسب طبقات صخرية أخرى فوقه
 فإنه يسمى صخر طيني صفحي أو طفل shale شكل (١٨٢ - د) . وفي المادة
 يكتب هذا الصخر خاصية التشقق الصخرى fissility وهذه الخاصية تنتج
 عن وجود معادن الميكا مرتبة في مستويات متوازية حيث ينفصل الصخر الطيني
 الصفحي أو الطفل إلى صفائح . وتحتوى بعض أنواع الطفل على كيات من
 زيت البترول تصل في بعض الأحيان إلى ٣٠ أو ٤٠ جالون في كل طن من
 الصخر . وتعرف الطفلة في هذه الحالة باسم طفلة زيتية Oil Shale . ويحصل
 على الزيت من هذا الصخر بواسطة التقطير عند درجات حرارة منخفضة
 (حوالي ٤٠٠°م) .

ومناك نوعان آخران من الصخور الميكانيكية هما :-

البريشيا Breccia ، الجريواكى Greywacke .

البريشا : تشبه الكونجلوميرات من ناحية حجم الحبيبات ، أى أنها أكبر من ٢ ملمترا . ولكنها تختلف عن الكونجلوميرات فى أن الحبيبات . والقطع الصخرية المكونة لها مضممة وذات زوايا حادة (بدلا من القطع المستديرة) ، شكل (١٨٢ - ب) ومتماكة مع بعضها البعض ، فى الغالب ، بواسطة مواد معدنية ترسبت من المحاليل وسيت الالتحام . وتوجد البريشا غالبا فى الصخر الجيرية التى تصدعت وتكسرت ، فتظهر البريشا فى مستوى الصدع Fault plane نتيجة لتكبير الصخور وتمشيها أثناء انتقال كتل الصخور على جانبي الصدع .

أما الجريواكى : فيشبه الصخر الرملى لونه رصاصى أو أخضر داكن ، ويتكون من معادن الكوارتز والفلسباروكية كبيرة من المعادن السوداء (أهمها معدن كلوريت وهو معدن أخضر يشبه الميكا فى انقسامه ، وتركيبه سليكات مائية للالومنيوم والحديد والمنشيوم) والحبيبات بصفة عامة حادة الزوايا (ولذلك يسمى فى بعض الأحيان بإسم بريشيا دقيقة Micro-breccia) .

ثانيا : الصخور الرسوبية الكيميائية :

تتكون هذه الرواسب نتيجة لبخر المحاليل الملحية وتراكم المواد المعدنية من المحاليل . والمعدن الذى يترسب أولا هو المعدن الأقل ذوبانا ، أما المعدن الأكثر ذوبانا فيترسب فى النهاية . ومن أهم أمثلة الصخور الرسوبية الكيميائية الجبس والملح والانيديريت .

الجبس Gypsum : وهو أول معدن يترسب بكميات كبيرة عند بخار مياه البحار ، وتحت ظروف مواتية تتكون طبقات صميكة من الجبس . ويتكون الصخر الناتج من حبيبات دقيقة ولكن فى بعض الأحيان قد يظهر المعدن فى هيئة ألياف أو صفائح . ويوجد الجبس غالبا مع الملح والرواسب الملحية المختلفة وكذلك الجير والطفل حيث تترسب هذه كلها من البحر .

الانيديريت Anhydrite : وعلى الجبس فى التكوين والترسيب من مياه البحر ، ويوجد مكونا لطبقات مشابهة للجبس ، وغالبا يوجد الاثنان معا بالإضافة إلى رواسب أخرى ملحية .

الملح Salt : يوجد في طبقات ذات سمك كبير وغالباً ما تكون البلورات واضحة، شكل (١٨٢ - ٥) ، والملح يلى الجبس والانيديريت في التبلور والترسيب من مياه البحر المتبخرة ، ولذلك غالباً ما يكون الطبقات العليا للتكوين الجيولوجية والتي تتكون من الجبس والانيديريت في الطبقات السفلى . وقد توجد مع بعض أنواع رواسب الملح رواسب من كلوريد البوتاسيوم (سيفيت Syvite) وفي هذه الحالة تعتبر مصدراً هاماً لأملاح البوتاسيوم .

ومن أمثلة الرواسب الجبسية والملحية تلك الجبال الممتدة على جانبي خليج السويس والبحر الاحمر قرب منطقة البترول في رأس غارب وفي المناطق الممتدة على الساحل .

الصخر الجيري البتروخي Onlitic limestone : وهو أحد أنواع الصخور الجيرية ويتكون من حبيبات صغيرة (فى حدود ٢ ملليمتر على الاكثر) كروية الشكل، شكل (١٨٢ - ٥) ، تشبه بطارخ السمك وقد ترسبت كيميائياً من مياه البحار والبحيرات المالحة تحت ظروف معينة ، وتوجد نواة دقيقة (مكونة من ذرة من الرمل أو قطعة مكسرة من صدفة) داخل كل كرة صغيرة من هذه الكرات الجيرية .

رواسب الاستلاكتيت والاستلاجيت Stalactites & Stalagmites وهذه هي العمدان المخروطية الشكل المكونة من بلورات الكالسيت والتي تتدلى من سقف الكهوف الجيرية أو ترتفع قائمة على أرضية هذه الكهوف وقد ترسبت هذه العمدان نتيجة لبحر محاليل المياه الارضية المحتوية على حامض الكربونيك وكربونات الكالسيوم الهيدروجينية الذائبة فيها .

الترافرتين Travertine : وهو عبارة عن رواسب جيرية من أصل كيميائي ترسبت حول الينابيع الحارة Hot springs على سطح الارض . وترسب نتيجة لفقدان المحاليل لغاز ثاني أكسيد الكربون وترسيب كربونات الكالسيوم .

الرواسب الكيميائية السليكية Siliceous sinter : وهي رواسب مكونة من ثاني أكسيد السليكون تتكون حول بعض أنواع الينابيع الحارة المنفجرة التي تعرف باسم الجيزر Geysers ، وتعرف الرواسب أيضاً باسم جيزريت

الدولوميت Dolomites : وهذه صخور راسبية مكونة من معدن الدولوميت (كربونات الكالسيوم والمغنسيوم المزدوجة) وهي تشبه الحجر الجيري إلا أنها أثقل قليلاً منها وكذلك صلابتها أعلا قليلاً ، ولا تتفاعل بسرعة مع حامض الهيدروكلوريك البارد المخفف . ويعتقد أن كثيراً من رواسب الدولوميت قد تكونت نتيجة لتفاعل المحاليل البحرية المغنيسية أو المحاليل الأرضية مع الحجر الجيري كما في المعادلة .



الفليت واشيرت Flint & Chert : هذه صخور كيميائية سليكية ، مكونة من حبيبات مجهرية أو مفتتة متبلورة من السليكات . وتوجد في هيئة كرات أو عدسات أو طبقات رقيقة (متصلة أو غير متصلة) خصوصاً في الأحجار الجيرية

ثالثاً - الصخور الرسوبية العضوية

الصخر الجيري العضوي : وهذه هي أهم أنواع الصخور الجيرية وأكثرها انتشاراً في الأرض . ويرجع تكوينها إلى قدرة بعض أنواع الحياة من حيوانات ونباتات على استخلاص المادة الجيرية من مياه البحار التي تعيش فيها وتحويلها إلى عارات وأصداف لسكنائها ووقاية أجسامها الرخوة . وتتميز هذه الحيوانات والنباتات بقسوة عمارتها وخلاياها إلى قاع البحر وتكون رواسب جيرية تزداد بمرور الزمن الطويل وتتحول بالضغط ورسوب مواد أخرى بين ذراتها إلى الصخور الجيرية المعروفة . وتعرف الصخور الجيرية العضوية بأسماء مختلفة حسب نوع الأصداف أو المحارات الغالبة في تكوينها فثلاً يوجد حجر جيرى صدفى Shelly limestone أو مرجاني Coral limestone أو فورامينيفرى Foraminiferal limestone . من الخ .

وتوجد الصخور الجيرية في مساحات واسعة في مصر حيث تغطي الجزء الشلل من الصحارى الغربية والشرقية وشبه جزيرة سيناء وتمتد على جانبي نهر النيل من القاهرة حتى قرب إدفو .

الطباشير Chalk : نوع من الصخور الجيرية يتأثر ببياضه الناصع وقلة

صلاطه بحيث يترك أثراً أيضاً على أى شيء يلامسه ، وهو مكون من ذرات دقيقة أغلبها أصداف حيوانات بحرية وحيدة الخلية .

صخر الفوسفات Phosphate Rock: صخر مركب من فوسفات الكالسيوم مع مواد أخرى . ومثل الصخر يتكون في أول الأمر من تراكم عظام حيوانات فقارية بحرية وبرية من أسماك ورواحف ثم تحولها بعض الزمن إلى فوسفات الكالسيوم (عظام الحيوانات البحرية تحتوى في المتوسط على نحو ٦٠ ٪ من فوسفات الكالسيوم) .

توجد طبقات هامة لصخر الفوسفات في تونس والجزائر والمغرب وكذلك في مصر قرب البحر الأحمر عند سفاجة والقصر حيث تستغل على نطاق واسع . كما أنها توجد في جهات متفرقة بالصحراء الشرقية وفي وادي النيل قرب السابعة وإسنا وفي الصحراء الغربية عند الواحات الداخلة والخارجة .

وقد وجد أن بعض صخور الفوسفات تحتوى على نسبة ضئيلة من عنصر اليورانيوم

والفوسفات من المواد التي تحتاج إليها بعض أنواع المزروعات لتنمو هادة . نفتقر إليها بعض الأراضي ولذلك تستعمل كسماد في هيئة سوبر فوسفات قابل للذوبان في الماء) في كثير من البلاد .

الفحم الحجري والرواسب الفحمية والنباتية المختلفة: Lignite, Anthracite
Peat كلها رواسب من أصل عضوى (نباتى) ترسبت في بيئة النبات والمستنقعات ثم بعد ذلك تحللت وتفحمت (أى تركبها الكربون) .

فال مادة المعروفة باسم بيت peat هى مواد نباتية مكسدة في البلاد الرطبة وهى أشبه بالرسم المجفف المضغوط ويبلغ نسبة الكربون فيها ٦٠ ٪ .

أما الفحم الكاذب أو الليجنيت lignite فهو عبارة عن رواسب نباتية مضغوطة تحتوى من ٥٥ ٪ إلى ٧٥ ٪ كربون . سمراء اللون ، وهى توجد عادة ضمن طبقات عصور جيولوجية حديثة . أما الفحم الحجري أو الأنتراسيت Anthracite فهو صخر أصم حالك السواد سريع الكسر ومكسره محارى .

وتبلغ نسبة الكربون به من ٧٥٪ إلى ٩٠٪ ويحترق بسهولة فيعطى لها صافيا . ويوجد الفحم الحجري عادة في طبقات تتخلل طبقات أخرى من الصخور الرملية والطينية تابعة للعصر الكربوني .

وقبل أن ننقل إلى الحديث عن الصخور المتحولة، وهي التي كانت في الأصل إما نارية أو رسوبية، سوف نلخص التركيب المعدني لبعض الصخور الشائعة (نارية ورسوبية) كما هو مبين في الجدول التالي (جدول رقم ٢٨) .

المعدن	الصخور النارية		الصخور الرسوبية		
	الجرانيت	البازلت	الصخر الرملي	الصخر الطيني	الصخر الجيري
الكوارتز	٢١.٣	—	٧٩.٨	٢١.٩	٢.٧
معادن الفيلبار	٥٢.٣	٤٦.٢	٨.٤	١٧.٦	٢.٢
المسكا	١١.٥	—	١.٢	١٨.٤	—
المعادن الطينية	—	—	٦.٩	١٠.٠	١.٠
الهورنبلند	٢.٤	—	—	—	—
الأوجيت	٣.٦	٣.٦	—	—	—
الأوليفين	—	٧.٦	—	—	—
الكالسيت الدولوميت	—	—	١.٦	٧.٩	٩٢.٨
خام الحديد	٢.٠	٦.٥	١.٧	٥.٤	٠.١
معادن أخرى	٢.٨	٢.٨	٠.٣	٢.٤	٠.٣

جدول (٢٨) : متوسط النسبة المئوية لتركيب المعدن لبعض الصخور الشائعة (نارية ورسوبية)

الصخور المتحولة

الصخور المتحولة هي صخور طرأ عليها تغيرات فيزيائية (الحرارة أو الضغط أو كليهما) وكيميائية. وعملية التحول هي العملية التي بموجبها يتغير الصخر الأصلي بواسطة عوامل فيزيائية أو كيميائية إلى صخر جديد له خواص جديدة. فمنعما

يتحول الصخر الراسب مثلاً إلى صخر متحول فإنه يصبح أشد صلادة وأكثر تبلوراً. أما الصخر التاري فإنه عندما يتحول يفقد شكله الذي يميزه بأنه تاري (البوريات موزعة بلا نظام) ويكتسب شكلاً آخر يتميز بوجود البلورات مرتبة في خطوط متوازية تقريباً.

وتقسم الصخور المتحولة بوجه عام إلى قسمين:

١ - صخور متحولة بالحرارة Thermal Metamorphic Rocks.

٢ - صخور متحولة بالحرارة والضغط Regional Metamorphic Rocks.

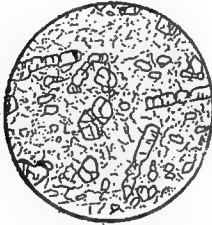
الصخور المتحولة بالحرارة.

عندما تدخل الجما في صخور القشرة الأرضية فإنها تؤدي إلى تغيير الصخور المحيطة بها بواسطة حرارتها العالية والمحاليل الموجودة بها. مثل هذا التغير في الصخور المحيطة بالجما يعرف باسم التحول الحراري أو التحول التماسي، وينتج عنه في معظم الحالات تكوين معادن جديدة في الصخور المتحولة تعرف باسم المعادن المتحولة بالحرارة. وتوجد هذه المعادن في الأماكن القريبة أو التماساً مع الصخر التاري. ونسج الصخور المتحولة بالحرارة نسج حبيبي (البوريات متداخلة وموزعة بدون ترتيب معين)، شكل (١٨٢-١).

وتتوقف كمية ونوع التحول في الصخر على حجم الجسم التاري المتدخل وعلى التركيب الكيميائي والخواص الفيزيائية للصخر المحيط بهذا الجسم التاري. فمثلاً يتحول الصخر الرمل إلى صخر الكوارتزيت ويتحول الطفل إلى هورنقلس Hornfels وهو صخر متماسك يحتوي على معادن السيوتيت والأندلويسيت $[Al_2SiO_5]$ Andalusite وشتوروليت $[Al_2SiO_5, Fe(OH)_2]$ Staurolite وكورديريت $[Cordierite]$ $[Mg, Fe)_2 Al_2Si_2 Al_2O_{10}]$ وجارنت.

ومن أمثلة التغيرات والتحولات الحرارية التي تنتج في الصخور التحول الحراري للصخر الجيري. فمتدماً يتحول الصخر الجيري النقي بالحرارة فإنه يتبلور من جديد ويكون صخر الرخام. ولكن الصخر الجيري يوجد به في كثير من الأحوال شوائب مختلفة تشمل معادن الدولوميت والكوارتز والطين وأكاسيد

الحديد بكميات متفاوتة فتجمل منه صخورا غني تقى ، ونحت تأثير الحرارة (الضغط في بعض الاحيان) تتحد هذه الشوائب مع كربونات الكالسيوم لتكوين معادن جديدة ، فثلا قد يتحد الكوارتز مع الكالسيت ليكونا معدن



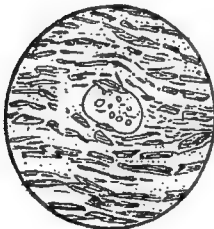
أ - نسيج حبيبي (الترام)

ولا ستونيت $(Ca SiO_3)$ ، بينما يتفاعل الدولوميت مع الكوارتز ليعطيا معدن الدايوبسيد $(CaMg)(SiO_3)$. أما في

وجود الطين فإن الألومنيوم الموجود به يشارك في التفاعل وتكون معادن مثل الكوراندوم وسينيل ، والجارنت الكالسي (جروسولاريت) . أما إذا وجدت مواد كربونية فإنها تتحول بفعل الحرارة إلى جرافيت .

وعلى ذلك يمكن تلخيص المعادن التي تتكون في الصخر الجيري غير التقى التحول بالحرارة فيما ياتي : جرافيت ، سينيل ، كوراندوم ، ولاستونيت ، تريبوليت ، دايوبسيد ، وجارنت كالسي .

وإذا اشتركت محاليل حرارية مائية مع الحرارة في عملية التحول فإنه ينتج في الصخر التحول



ب - نسيج صفيحي (المت)

شكل (١٨٣) : نسيج الصخور المتحولة

مجموعة كبيرة من المعادن أكثر من تلك التي تتكون بالحرارة فقط .

صخور التحول أو فليسي :

تحدث هذه التحولات في الصخور على نطاق واسع وتشمل إقليما كبيرا ويشترك فيها عوامل عدة أهمها الضغط والحرارة المرتفعتان ويساعدهما تأثير الماء والأملاح الكيميائية . ويشمل التحول في معظم الأحيان ترتيب المعادن المكونة في نظام جديد يتفق مع الظروف الجديدة ، وفي بعض الأحيان قد تتكون معادن جديدة أو تحدث إضافات أو استخلاص لبعض العناصر الكيميائية وعملية التحول هذه قد تصل في تغييرها إلى درجة تزيل معها معالم الصخر الأصلي إزالة تامة ، ويحدث هذا التحول نتيجة لحركات ضخور القشرة الأرضية التي ينتج عنها تكوين الجبال والتي تعرف باسم الحركات البانية للجبال ، وتنتج البنيات والتجاعيد الجيولوجية المختلفة . وفي هذه البنيات تتعرض الصخور إلى درجة عالية من الضغط والحرارة فتتغير هذه الصخور وتحول معادنها الأصلية إلى معادن جديدة أكثر استقرارا وتكيفاً مع الظروف الجديدة ، وكذلك يتغير البناء الطبيعي للصخر نتيجة لهذه الظروف الجديدة فتتغير بعض المعادن بسبب الضغط الواقع عليها وقد تتفطع أو تتبلور وتصلب بلوراتها في صفوف وطبقات متوازية . وتعتبر هذه الخاصية الصفاحية أو المصفوفة التي تنتج عن ترتيب المعادن في صفائح أو صفوف أهم خاصية مميزة لتسبيج هذا النوع من الصخور المتحولة الإقليمية ، شكل (١٨٣) - (ب) ، وبواسطتها يمكن التمييز بين الصخر المتحول والصخر الباري . ويتوقف الصخر المتحول الناتج على عامل الضغط والحرارة وذلك بالإضافة إلى التركيب الكيميائي للصخر الأصلي . وكلما اشتد التحول بازدياد الضغط والحرارة فإنه تتكون مجموعات جديدة من المعادن تناسب مع هذه الشدة . فمن المعادن التي تتكون تحت ظروف من الحرارة والضغط المنخفضين المسكوفيت والكلوريت والكوارتز والبيوتيت ، أما السيكانييت $(\text{Al}_2\text{SiO}_5)$ Kynite والبيلمينيت Sillimanite $(\text{Al}_2\text{SiO}_5)$ والمجارت والاوليجوكلاز فانها تتكون في ظروف من الحرارة والضغط الشديدين .

وقد أسكن تقسيم الصخور المتحولة بالحرارة والضغط إلى نطاقات Zoae عريضة تضم كل منها مجموعة من المعادن تتكون في ظروف واحدة من التحول (منخفضة - متوسطة - عالية) . ومن أمثلة هذه النطاقات تلك التي تتكون

في الصخور الطينية والتي تضم كل منها مجموعة من المعادن الأساسية مبنية كما يلي ومرتبة من التحول المنخفض (أول نطاق) إل التحول العالي (آخر نطاق) .

النطاق	المعادن
كلوريت	مسكوفيت ، كلوريت ، كوارتز .
بيوتيت	بيوتيت ، مسكوفيت ، كلوريت ، كوارتز .
جارت	جارت (ألمديت) ، مسكوفيت ، بيوتيت ، كوارتز .
ستوروليت	ستوروليت ، جارت ، بيوتيت . مسكوفيت ، كوارتز .
كيانيت	كيانيت ، جارت ، بيوتيت ، مسكوفيت ، كوارتز .
سليميت	سليميت ، كوارتز ، جارت ، مسكوفيت ، بيوتيت .

أوليغوكليس . أرموكليس .

وبما سبق نلاحظ أن الصخور المتحولة بالحرارة لها تسبيج حبيبي (غير صفائحي non foliated) أما الصخور المتحولة بالحرارة والضغط فلها تسبيج صفائحي foliated .

ومن أمثلة النوع الأول (الحبيبي) الكوارتزيت والرخام والمورفلس أما أمثلة النوع الثاني (الصفائحي) فتشمل الشست والنيس والأردواز .
ويمثل جدول (٢٩) تصنيفاً مبسطاً للصخور المتحولة على أساس التسبيج .
وفيما يلي وصف مختصر للأنواع الشائعة من الصخور المتحولة .

الكوارتزيت Quartzite : يتكون الكوارتزيت - كما يدل الاسم عليه - من معدن الكوارتز . ويتج هذا الصخر من التحول الحراري للصخر الرملي ، وفي هذا الصخر تتحم حبيبات الكوارتز بعضها بعض بواسطة السليكا التي تربت بين الحبيبات وفي مسام الصخر الأصلي ويتج عن ذلك أن يكون الصخر المتحول صلباً جداً ، وإذا كسر فإنه ينكسر عبر حبيبات الكوارتز ، وبذلك يمكن تمييزه عن الصخر الرملي حيث يحدث المكسر حول حبيبات الرمل .
والكوارتزيت لا يتفاعل مع حامض الهيدروكلوريك .

المورنفلس	دقيق الحبيبات ، رمادى اللون	صخور متحولة ذات نسيج جيبي (موزايك)
الرخام	يتدرج من دقيق إلى متوسط الحبيبات، صلاته تراوح بين ٢ ، ٦ ، يتفاعل بفوران مع حامض الهيدروكلوريك	
الكوارتزيت	صلادته من ٦ إلى ٧ . لا يتفاعل مع حامض الهيدروكلوريك	صخور متحولة صفائحية
الآردواز	دقيق الحبيبات ، يتشقق بسهولة	
الشت	متوسط الحبيبات ، الصفائح متصلة	
التيس	خشن الحبيبات ، الصفائح غير متصلة	

جدول (٢٩) تصنيف مبسط للصخور المتحولة

الرخام Marble: الرخام صخر متحول عن صخر جبرى ، وهو صخر متبلور مكون من حبيبات الكالسيت بصفة عامة ولكن في بعض الأحوال النادرة قد يتكون من الدولوميت . والحبيبات المكونة للرخام قد تكون صغيرة جداً لدرجة لا يمكن تمييزها بالعين المجردة . وقد تكون كبيرة خشنة حتى أنه يمكن تمييز انقسام الكالسيت بسهولة ، ويشبه الرخام الصخر الجبرى في صلاته المنخفضة وفي تفاعله مع حامض الهيدروكلوريك وحدوث فوران . والرخام لونه ابيض إذا كان نقياً خالياً من الشوائب ولكنه قد يبدو في ألوان متباينة (الأحمر أو الخضرة أو الرصاصي أو ما يقرب من السواد) لاختلافه على شوائب مختلفة .

المورنفلس Hornfels: يطلق هذا الاسم على الصخر المتحول الناتج عن التحول الحرارى للصخور الطينية . ومعظم المعادن المكونة لهذا الصخر دقيقة الحبيبات ولا يمكن تمييزها إلا بواسطة الميكروسكوب المستقطب . والمورنفلس لونه رمادى ويتكون من معادن الفلسبار والبليت ومعادن أخرى حديثة . مقبضية متحولة ، وأغلب صخور المورنفلس لها نسيج جيبي متساوى ، ولكن هناك بعض الصخور التي تتكون أرضيتها من معادن حبيبية (مثل السكر) وموزع فيها بلورات كبيرة : وتعرف البلورات الكبيرة في مثل هذه الصخور المتحولة باسم بورفيروبلاست porphyroblast .

الاردواز State : صخر متحول ذر لون رمادي داكن ينتج عن التحول
الضغطي للصخور الطبقية Schists ، والنسيج حبيبي دقيق ، ولكن الصخر يتميز
بوجود خاصية التفتت العنقري فيه ، أى أنه يتفتت بسهولة ، وينتج عن هذا
التفتت الازدوازي صفائح وألواح رقيقة وكبيرة المساحة ، وقد يحدث هذا
التفتت الازدوازي موازيا لمستوى الطبقات في صخر الطفل الاصل وقد لا يوازيها .
وصخر الازدواز من الصخور الناعمة في القشرة الارضية .

الشست Schist : الشست صخر متحول بالضغط والحرارة له نسيج يميز
يعرف باسم النسيج الشستى عبارة عن حبيبات دقيقة أو متوسطة توجد بين صفائح
متقاربة ومتوازية تقريبا ، وتتكون الصفائح من معادن الميكا المختلفة ، والصخر
ينفصل بسهولة عند هذه الصفائح . وهناك أنواع كثيرة من الشست يطلق عليها
أسماء مختلفة أهمها الشست الميكاى Mica schist الذى يتكون بصفة أساسية
من معادن الكوارتز والميكا (عادة المسكوفيت أو البيريت) ، وتظهر الميكا
بوضوح في الصخر مكونة صفائح كتلية أو ورقية يورقية بحيث توجد جميع
مستويات انفصامها موازية لبعضها مما يجعل الصخر يبدو في هيئة صفائحية مميزة .
ويوجد عادة بجانب الميكا والكوارتز معادن أخرى إضافية مثل الجرانيت ،
سكرووليت ، كيانيت ، سيلينيت ، أندلسيت ، إيدوت ، هورنبلند ، تلك ،
كلوريت ، الامر الذى يجعل الصخر يسمى باسم شست جرانيتى ، وشست
سكرووليتى ، وشست كيانيتى ... إلخ تبعا لنوع المدين الإضافى المميز ، والشست
إما أن يكون متحولا عن صخر ناري أو صخر رسوبى .

الغيس Gneiss : الغيس صخر متحول له نسيج خشن متبلور إلا أن بلورات
المعادن الخفيفة مرتبة في صفوف متوازية . فثلا في بعض الأنواع توجد طبقات
أو صفوف من الميكا السوداء وبينها توجد صفوف أخرى من معادن الكوارتز
والفلسبار . وتتكون هذه الصفوف عادة متقطعة ، أى ليست متصلبة ومستمرة كما
هو الحال في الشست ، ونرى في هذا النوع أن تركيبه المدينى مماثل التركيب
المدينى لصخر الجرانيت ولذلك يسمى الغيس الجرانيتى Granite gneiss نسبة
إلى أن أصله جرانيت تحول بفعل الضغط والحرارة إلى غيس . وهناك أنواع

أخرى كثيرة من النيس يعضاً أصله نارى والبعض الآخر أصله راسب . وقد يسمى النيس حسب تركيبه المعدنى مثل النيس البيوتيتى والنيس الهورنبلندى الذى يدل على أن الصخر غنى بمعدن البيوتيت أو الهورنبلند ... الخ .

وتعتبر صخور النيس أكثر الصخور المتحولة انتشاراً فى القشرة الأرضية ويلبها صخور الشست . وفى الصحراء الشرقية المصرية وشبه جزيرة سيناء توجد صخور النيس والشست منتشرة بكميات كبيرة مكونة لكثير من الجبال وتابعة لأقدم الأحقاب الجيولوجية (حقب ما قبل الكمبرى Precambrian) .

الشهب والنيازك Meteors and Meteorites

إن الذى رقب السماء فى ليلة صافية ، يرى عشرات من الأجسام المضيئة المتحركة بسرعة خاطفة متطلقة فى قبة السماء فى اتجاهات مختلفة وكأنها أسهم نارية ، يضاء أو يخضراء اللون ، لاثلاث متوجهة لثوان معدودات ثم تطفى وتطفى . هذه الأجسام المضيئة كالأسهم الخاطفة هو الشهب ، وهى أجسام مختلفة الأحجام قادمة من الفضاء الخارجى ، وتمثل أجزاء من كوكب شبيه بالأرض ، ولكن أصغر حجماً منها ، وقد حدث فيه انفجار أو تصادم أدى إلى تفتته . والشهب تلعب فى خطوط مضيئة نتيجة للاحتكاك الشديد بينها وبين جو الأرض ، ذلك الاحتكاك الذى يرفع درجة حرارة جسم الشهاب إلى حد أن يتوهج ويشتعل ويستحيل إلى رماد فى لمح البصر . أما إذا كان الجسم كبيراً نوعاً ما ، فقد لا يحترق بأكمله ، وحينئذ يصل ما تبقى منه إلى سطح الأرض ، فى هيئة نيزك ، ليرطم بها . وقد يحدث هذا الارتطام حفراً أو فجوات كبيرة .

إن الشهب والنيازك فى الحقيقة تؤدى للعلم والمعرفة خدمة جليلة ، ذلك لأنها الأجسام الفلكية الوحيدة التى تصل إلى أيدينا من الفضاء لنقرأ فيها أسطرًا فى صفحة من صفحات الكون . ترى مم تتكون النيازك ؟

تمثل النيازك نوعاً خاصاً من تواجيدات المعادن . وتصنف النيازك إلى أنواع ثلاثة :

١ - نيازك مكونة من سبيكة التيتان والحديد [Siderites or irons].

٢ - نيازك مكونة من خليط من الحديد والتيتان وسليكات متبلورة (الأوليفين بصفة أساسية أو البهروكسين) [Siderolites or stony irons].

٣ - نيازك مكونة من السليكات المتبلورة [Aerolites or stones].

تتكون النيازك الحديدية بصفة أساسية من سبيكة الحديد والتيتان (متوسط تركيبها الكيميائية: ٩١٪ حديد، ٨٪ تيتان، ٥٪ كوبالت) ونحتوى عادة على نسب ضئيلة من معادن ترويليت (FeS) Troilite، شريبريت (Fe,Ni,C)P Schreibersite، كوهنيت (Fe₃C) Cohenite جرافيت؛ وقد وجد الألماس في أحد النيازك. وتتميز النيازك الحديدية بأنسجة خاصة مميزة.

أما النيازك المعروفة بإسمه سيدروليت، فإنها تتكون من خليط من التيتان والحديد والسليكات بكميات متساوية تقريباً، والسليكات عادة ما تكون أوليفين وفي بعض منها بهروكسين، والنسبج عبارة عن حبيبات مستديرة.

أما النيازك الحجرية فإنها تتكون بصفة أساسية من معادن سليكاتية مختلفة.

وبلاحظ أن الشهب تحوى نفس العناصر الكيميائية الموجودة في معادن الأرض ومنحورها، ولكن نسب هذه العناصر مختلفة تماماً. فمثلاً، في الشهب الحديدية نجد التيتان فيما يتراوح ما بين حد أدنى هو ٥٪ وحد أعلى هو ٣٤٪، وهى نسب غير معروفة في أى معدن أو صخر أرضى. كذلك نجد أن ارتباط هذه العناصر لتكون ما يحرف بإسم المعادن يأخذ صوراً الكثرة منها غير معروف بين معادن الأرض، والتقابل منها ما هو معروف. كما أن معظم المعادن الغنية بالأكسجين والموجودة في الأرض، أو تلك التى تكونت من محاليل مائية غير موجودة بالمرة بين مادة الشهب والنيازك ومكوناتها.

معادن وصخور القمر Minerals and rocks of the Moon

القمر تابع الأرض يبلغ قطره ٢٤٦٠ كيلو متراً تقريباً ، ويبعد عن الأرض بحوالى ٣٠٠.٠٠٠ كيلو متراً . وقد هبط الإنسان لأول مرة على سطحه عام ١٩٦٩ (رحلة أبولو رقم ١١ فى الفترة من ١٦ — ٢٤ يولييه ١٩٦٩) وجمع عينات من سطحه ، وتبع ذلك خمس رحلات أخرى هبط فيها الإنسان على القمر وجمع مزيداً من العينات . أثبتت الاختبارات التى أجريت على العينات التى جمعت من سطح القمر أن الأنواع التالية من الصخور توجد ضمن الصخور المكونة لقشرة القمر :

١ — خليط من المعادن المشتملة المتماصة *Soil breccia* : وهذا النوع من الصخر الدقيق الحبيبات يكون ٥٢٪ بالدرجة إلى بقية الانواع الأخرى التى جمعت . يتكون هذا الصخر من خليط من فئات صخور البازلت والأنورثوزيت والزجاج فى أرضية من دقيق ناعم من صخر البازلت (مكون من معادن أوجيت والميخيت وقليل من البلاجوكلاز) . وقد تحول هذا الدقيق الناعم إلى لحام زجاجى يضم الفئات الصخرية الممزقة بفعل الصدمات *shocks* الكثيرة التى تعرض لها القمر .

٢ — البازلت *Basalt* : ويكون ٢٧٪ فى العينات التى جمعت . يتراوح حجم الحبيبات المكونة لهذا الصخر بين ١ ، ٣٠ ميكرون ، ويتكون الصخر بصفة أساسية من : (١) البروكسين (حوالى ٥٠ ٪ بالوزن) ، وهذا البيروكسين من النوع التيتاني أو نيك الكلسي ؛ (٢) البلاجوكلاز (حوالى ٢٥ ٪) ، وينتج عليه النوع الانورثيتى [أنورثيت (٩٠ — ١٠٠)] ؛ (٣) الالمينيت (حوالى ٢٠ ٪) . ومن الغريب أن بعض عينات البازلت وجدت غنية بالبوتاش (٧٠ ٪) .

٣ — زجاج : ويكون ١٥ ٪ فى العينات ، ويتراوح حجم حبيباته من أقل من ١ ميكرون إلى أكثر من ٣ سم ، ويختلف شكل حبيباته من حادة الزوايا إلى كروية كاملة ، ولونها يتدرج من اللون البنى أو البرتقالى الأصفر إلى عديمة اللون . وقد يكون بها فقاعات أو تخلو منها . كما يكون الزجاج فى بعض الأحيان

غير متجانس ، ويبدو أن هذا الإجماع قد تكون بصفة أساسية نتيجة للصدات ذات السرعة الفائقة (للتيازك) والتي تسهم في العمليات المستمرة على سطح القمر.

٤ - صخور أنورثوزيتية : وتكون ٣٦ ٪ في العينات . يتراوح تركيبها بين أنورثوزيت (بلاجيوكلينو كلسي) إلى جابرو أنورثوزيتي (بلاجيوكلينو كلسي مع أوليفين وبيروكسين أحادي الميل) .

٥ - معادن وصخور أخرى : تكون ١٥ ٪ (من بينها أقل من ٠.١ ٪ ركام نيزكي (meteoritic debris)) .

والفكرة السائدة الآن عن تصور لتوزيع تركيب القمر أنه يتكون من قشرة من الأنورثوزيت سمكها حوال ٢٥ كيلومترا - تكونت نتيجة لعملية التجوية أو التفارق المجاني - عائمة على صخور الجابرو الأعلى كثافة . وفي الأزمات الساقطة تكونت في قشرة القمر ثقوب ، نتيجة لارتطامات التيازك والكويكبات الضخمة ، وتفجرت من هذه الثقوب الحمم البازلتية لتتلا المنخفضات بالحلم .

السؤال الذي لم يجد جواباً حتى الآن هو كيف نشأ القمر ؟ هل كان نتيجة مادة كوكبية وقعت في أسر Capture جاذبية الأرض ، وأصبحت تابعة لها . أم أن القمر كان جزءاً من الأرض ثم انشطر عنها ... أم أن القمر مثل أجساما تلاحت على هذا البعد من الأرض ، وازدادت حجماً لتتكون القمر ، أم أن هناك نشأة أخرى لم يتوصل إليها الباحثون حتى الآن ؟ إن هذه سمات البحث العلمي ... البحث عن الحقيقة . قبل عام ١٩٦٩ لم يكن هناك جيولوجي رأى بعينه أراس يديه عينة من صخور القمر ولكن كانت هناك بعض المعلومات والمعرفة عن القمر . وبعد عام ١٩٦٩ زادت المعرفة وتضاعفت ، وهكذا يتقدم البحث العلمي ليضيف إلى البشرية كل يوم جزءاً جديداً من المعرفة تكشف عن أسرار هذا الكون . هذه المعرفة التي لن تقف عند حد أبداً . وما مرفأنا الحالية إلا قفزة من بحر . « وما أوتيتهم من العلم إلا قليلا ، صدق الله العظيم .

الجزء الثاني

وصف المعادن الشائعة

الباب التاسع

وصف المعادن الشائعة

تمهيد :

اتبعنا الآن من دراسة المعلومات الاساسية عن المعادن : الخواص البلورية ، الخواص الفيزيائية ، الخواص الكيميائية ، نشأة المعادن وتكوينها ، والحالات المختلفة التي توجد عليها في الطبيعة . وفي الصفحات التالية سوف نصف ما يقرب من ١٠٠ معدن ، وهذا العدد قليل جداً بالنسبة لعدد المعادن التي وصفها جيولوجيو المعادن والتي تقرب من ٢٠٠٠ معدن . وتشمل هذه المئتان جميع المعادن الشائعة وتلك التي لها قيمة اقتصادية .

وسنقدم في وصف كل معدن أولاً خواصه البلورية والكيميائية والفيزيائية ثم تلك الخواص والاختبارات التي تساعد في تمييز المعدن وفرفته عن المعادن الاخرى ، وبلى ذلك نبذة عن وجود المعدن في الطبيعة والمعادن التي تصاحبه ، وكذلك أسماء المناطق التي يوجد بها المعدن بكميات وافرة ، ثم فائدة المعدن ، وفي بعض الاحيان كيف اشتق اسم المعدن . وعلى ذلك سنتناول في وصف كل معدن شائع الوجود هذه المعلومات بالترتيب الآتي :

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| ١ - الخواص البلورية | ٦ - التحلل |
| ٢ - الخواص الفيزيائية | ٧ - الوجود في الطبيعة |
| ٣ - التركيب الكيميائي | ٨ - الفائدة |
| ٤ - الاختبارات | ٩ - الاسم |
| ٥ - الخواص المميزة | ١٠ - الأنواع المشابهة |

وستسلسل في وصف هذه المعادن حسب تصنيفها الكيميائي على أساس الشق العامضي إلى طوائف كما يلي : —

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| ١ - المعادن العنصرية | ٦ - الكربونات ، النترات ، البورات |
| ٢ - الكبريتيدات | ٧ - الكبريتات ، الكرومات |
| ٣ - الاملاح الكبريتية | ٨ - النتريتات ، الموليدات |
| ٤ - الاكاسيد | ٩ - الفوسفات ، الفنتات ، الوريدات |
| ٥ - الهاليدات | ١٠ - السيليكات . |

وهذه الطوائف Classes تنقسم فيما بينها إلى مجموعات Groups ثم إلى أنواع Types وهذه تنقسم بدورها إلى أنواع Species وهذه تكون متسلسلات Series وأخيراً قد تنقسم الأنواع إلى أصناف Varieties .

المعادن العنصرية

Native Elements

يوجد حوالي عشرون معدناً في الحالة العنصرية وذلك بالإضافة إلى الغازات الجوية . ويمكن تصنيف هذه المعادن العنصرية إلى مجموعتين : (١) الفلزات ، (٢) اللافلزات ؛ وتوجد مجموعة ثالثة تضم أشياء الفلزات . أما المعادن الفلزية فتشمل الذهب والفضة والنحاس والبلاتين والحديد والزنك والرصاص والبالاديوم والإيريديوم والأوزميوم والتانتالوم والتقصير . أما المعادن العنصرية شبه الفلزية فتشمل الزرنيخ والانتيمون والبرصوت وهذه تكون مجموعة بمفردها ، إذ أن بلوراتها المعينية الأوجه تتقارب جداً في قيمة زواياها بين الوجبة . أما أهم المعادن العنصرية اللافلزية فهي الكربون بشكله الألماس والجرافيت ، والكبريت والسيليكون والتيلوريوم ؛ وسوف نصف المعادن التالية :

المعادن العنصرية الفلزية : Native Metals

- الذهب (Au) ، المكعب . الفضة (Ag) ، المكعب .
النحاس (Cu) ، المكعب . البلاتين (Pt) ، المكعب .

المعادن العنصرية اللافلزية : Native Nonmetals

- الكبريت (S) ، المعيني القائم والميل الواحد .
الألماس (C) ، المكعب . الجرافيت (C) ، السداسي .

المعادن العنصرية الفلزية

نظم معادن الذهب والفضة والنحاس والبلاتين .

الذهب (Au)

يتبلور الذهب في فصيلة المكعب ، النظام الكامل التماثل (سداسى التماثل الأوجه Hexoctahedral) . والشكل الغالب على البلورات هو ثمانى الأوجه . وقد تكون البلورات في هيئة مفلطحة أو شجرية متشابهة . ويوجد المعدن غالباً في هيئة صفائح غير منتظمة الشكل أو قشور أو كتل . الصلادة = ٢ - ٣ ، الوزن النوعى = ١٩,٣ - ١٩,٦ . قابل للسحب والطرق . ولا يوجد انقسام ومكسره مسنن . اللون أصفر ذهبي فاقع أو فاتح تبعاً لسمية الفضة المختلطة مع المعدن .

يتركب المعدن كيميائياً من عنصر الذهب ولو أنه غالباً يحتوى على كميات متناهية من الفضة (قد تصل إلى ٤٠ ٪) ، وكذلك يحتوى على الحديد والنحاس والبريوم . . الخ . ويعرف الذهب الذى يحتوى على كميات عالية من الفضة (من ٢٠ إلى ٤٠ ٪) باسم الاليكتروم . ينصهر المعدن بسهولة . درجة الانصهار ٣ (١٠٦٣ م) ولا يذوب في الأحماض المختلفة ولكنه يذوب في الماء الملكي (مخلوط حمض الهيدروكلوريك والنيتريك) .

يتميز المعدن عن بعض المعادن الكبيرة بقيدته المشابهة (البيريت والكالكوبيريت) وعن الميكا الصفائحية ذات البريق الأصفر بواسطة قابليته للطرق ووزنه النوعى العالى وعدم قابليته للذوبان في الأحماض . الذهب ولو أنه عنصر نادر إلا أنه يوجد منتشراً في الطبيعة بكميات ضئيلة . ويوجد الذهب في الطبيعة على حالتين : (١) في موضع (رواسب أولية) . (٢) في التجمعات placers (رواسب منقولة) .

أما الرواسب الموضعية (الأولية) فتشمل الوجود في عروق الكوارتز ، وفي عروق مائية حارة — أهمها العالية الحرارة ولو أنه يوجد في الأنواع الأخرى — ذات أصل نارى حمضى . ويوجد مصاحباً الذهب في هذه العروق معدن البيريت بصفة شائعة . وكذلك توجد معادن أخرى تشمل كالكوبيريت ، جالينا ، ستيبت ، تراهيدريت ، سفاليريت ، أرسينوبيريت ، تورمالين ،

مولدنيث ، وبعض هذه المعادن قد يحتوى على الذهب الذى يوجد مختلطاً بها وليس فى حالة اتحاد كيميائى . وتحلل هذه المعادن بسهولة عند تعرضها للعوامل الجوية على السطح الامر الذى يؤدى إلى انطلاق الذهب وتجمعه فى الرواسب السطحية الناتجة من التحلل والتفتت وبذلك يسهل استخلاصه . والذهب الموجود فى العروق المختلفة يكون فى هيئة دقيقة جداً لا يرى بالعين المجردة ولكن مثل هذا الذهب يمكن استخلاصه بواسطة الطرق الكيميائية ، والصخر الذى يحتوى على ذهب قيمته حوالى ٥٠ قرشاً فى الطن الواحد يمكن استغلاله اقتصادياً . فإذا علمنا أن قيمة أوقية الذهب فى الوقت الحاضر حوالى ٥٠٠ جنيه فإن نسبة الذهب الموجودة فى الطن من الصخر تقدر بأقل من ٠.٠٠٠١ ٪ .

وعندما تحلل العروق الحاملة للذهب بالعوامل الجوية وتفتت فإن الذهب ينطلق إلى الرواسب السطحية ، وقد يبقى فى التربة الموضوعة بالقرب من مصدره أو ينتقل بواسطة السيول والأنهار ليرسب على شواطئها مكوناً التجمعات النهرية Stream placers . ونظراً لوزنه الثقيل العالى فإن الذهب يفصل عن المعادن الخفيفة الأخرى المكونة للرمال والحصى . ويتضح عن ذلك أن يتجمع الذهب ويتركز عند التواءات التى تعرض لجرى النهر أو السيل أو فى الفجوات فى قاع مجرى النهر ، وتتكون بذلك رواسب الذهب المعروفة باسم رواسب التجمعات . ويوجد الذهب فى هذه الرواسب فى هيئة حبيبات مستديرة أو مفلطحة . أما الذهب الناعم جداً فإنه قد يتنقل مسافات طويلة بواسطة الأنهار ، ويستخلص الذهب من مثل هذه الرواسب بواسطة عملية غسيل panning ، حيث يفسل التراب المحتوى على الذهب فى الماء الجارى فيترسب الذهب إلى القاع بسرعة فى حين تطفو الأتربة والمعادن الخفيفة على السطح أو تكون معلقة وتفصل عن الذهب . توجد العروق الحاملة للذهب فى الاماكن الهامة الآتية : ولايات كاليفورنيا ونيفادا وداكوتا الجنوبية والاسكا بالولايات المتحدة الامريكية ومنطقة الراند The Rand فى ترانسفال باتحاد جنوب افريقيا ، وغرب استراليا ، وجبال الاورال ، وإقليم أوتارو بكندا . أما رواسب التجمعات فتوجد فى ولايات كاليفورنيا وكولورادو والاسكا ، وفى استراليا وسيريا . تنتج منطقة الراند بجنوب أفريقيا (بالقرى من جوها تسرج) ما يقرب من ٤٠ ٪ من إنتاج العالم للذهب . ويوجد الذهب فى هذه المنطقة الثنية متشراً فى طبقة من صخر

الكونجولوميرات التي تميل ميلا حاداً وتمتد مسافة ٩٠ كيلو مترا في الاتجاه الشرقي الغربي .

أما في مصر فيعتبر الذهب أكثر المعادن اقتصاداً في الصحراء الشرقية حيث يوجد في حوالي ٥٠ منطقة ، وقد فتح قدماء المصريين المناجم في معظمها واستخلصوا منها الذهب إلى درجة كبيرة . ويمكن تقسيم هذه الأماكن حسب مكان وجودها في الصحراء الشرقية إلى ثلاثة أقسام هي : —

(١) الجزء الشمال الأوسط : ويشمل مناجم مختلفة أهمها أبو جريدة وسمنة وعطاقة وأم عش والفراخير ، وهذه يمكن الوصول إليها من النيل عن طريق قنا- القصير . (٢) الجزء المتوسط الأوسط : ويشمل مناجم أبو دباب وزيدان وكريم وأم الروس . (٣) الجزء الجنوبي الأوسط : ويشمل مناجم الرامية ودينجاش وحش وحنجيلة والسكري وعقود وكردومان . وهذه يمكن الوصول إليها عن طريق ادفو — مرسى علم ، والأربعة الأخيرة قريبة من البحر الأحمر .

ويستخلص الذهب من العروق الحاملة له بشكسر وطحن الصخر أولاً في الطواحين المختلفة ، ثم تمرير المحرق الطحون في تيار ماء على ألواح من النحاس المغطاة بالزئبق ، فيلتقط الأخير الذهب ويكون معه ملغم Amalgam ، ويمكن فصل الذهب منه بالتقطير . أما إذا كان الخام يحتوي على كميات كبيرة من معادن الكبريتيدات فتستعمل طرق الكلورين أو السيانيد لإستخلاص الذهب . وفي الطريقة الأولى يحمص الخام ثم يتفاعل مع غاز الكلور الذي يكون مركب مع الذهب قابل للذوبان . أما في طريقة السيانيد فإن الخام الطحون يعالج بحاليل سيانيد الصوديوم أو البوتاسيوم وينتج عن هذا التفاعل تكوين سيانيد الذهب المزدوج الذي يذوب في الماء . وفي كلتا هاتين الحالتين يستخلص الذهب من المحلول إما بواسطة التحليل الكهربائي أو بواسطة تراب الزنك . وهذه الطرق تمكن من استغلال الخام الذي يحتوي على ٠.٠٠١ ٪ ذهب في الطن [أي ما قيمته ٥٤ قرشاً (تعادل دولار) في الطن] استغلالاً مربحاً .

يستعمل الذهب بكميات كبيرة في صناعة الحلي والعملات الذهبية وتستخدم صناعة الأسنان وبعض الأجهزة العلمية كميات صغيرة .

الفضة (Ag)

تتبلور الفضة في نصيلة المكعب ، نظام سداسي الثلاثي الأوجه . البلورات نادرة وغير كاملة ، وتكثر المجموعات الشجرية والمتشابكة ، ويوجد المعدن عادة في هيئة كتل غير منتظمة أو صفائح أو قشور أو في هيئة أسلاك رفيعة أو سميكة .
الصلادة = ٢½ - ٣ ، الوزن النوعي ١٠.٥ عندما يكون المعدن نقياً : ١٠.١
- ١٢ إذا كان المعدن غير نقي . المكسر مسنن . قابل للطرق والسحب . البريق فلزي . اللون والחדش لونهما أبيض فضي ، ولكن اللون يكون عادة بنياً أو أسوداً رصاصياً نتيجة للصدأ .

توجد رواسب الفضة بكميات كبيرة في المروق المائية الحارة . وهناك ثلاثة أنواع من هذه المروق : (١) عروق تحوى الفضة النضرية مع الكبريتيدات وحمضات الفضة الأخرى ، (٢) عروق تحوى الفضة مع معادن الكوبالت والتينكل : (٣) عروق تحوى الفضة مع خام اليورانسيوم (يورانييت و UO_2) .

يوجد المعدن في النرويج وألمانيا (فرايبيرج) والمكسيك وتشلي وبيرو وبوليفيا وفي الأقاليم الشمالية من كندا ويظهر مناطق الولايات الأمريكية المتحدة . وتستخدم الفضة في صناعة المجوهرات والحلى والعملات الفضية ، وكذلك في صناعة بعض الاجزء الكهربائية والكيميائية والطبية وأفلام التصوير .

النحاس (Cu)

يتبلور معدن النحاس في نصيلة المكعب ، نظام سداسي الثلاثي الأوجه . توجد على البلورات أشكال رباعي السداسي الأوجه وكذلك المكعب والاني مشروجهما مميّنا وثلاثي الأوجه . المجموعات المتبلورة في هيئة شجرية أو متفرعة وعادة يوجد المعدن في هيئة كتل غير منتظمة أو صفائح أو قشور ، وفي بعض الأحيان يوجد في هيئة أسلاك . الصلادة = ٢½ - ٣ ، الوزن النوعي ٨.٩ - قابل للسحب والطرق . المكسر مسنن . اللون أصفر نحاسي دلى السطح الحديث ولكنه يتبدل إلى الأسود ويصبح البريق مطفي على السطح الصدئ .

يوجد المعدن النضري بكميات صغيرة في المروق المائية الحارة وبنياً كحد

المعدن عادة في المنطقة السطحية الأكسيدية ، ويوجد معه في هذه الحالة معادن كوبريت (Cu_2O) . ملاكيت ، أوريت (كبريتات النحاس القاعدية) . تعتبر شبه جزيرة كيويانو (Keweenaw) في شال ولاية ميشيجان بأمريكا أهم منطقة في العالم يوجد بها معدن النحاس العنصري حيث يوجد النحاس في هيئة عروق تقطع صخور بركانية وكوتجلوميرات ، كما أن النحاس يوجد في هيئة مادة لاحه بين حبيبات الكوتجلوميرات ويوجد مع النحاس معادن داتوليت ، إيدوت ، فضة ، أنالسيت ومعادن زبوليت أخرى ، وقد كانت هذه المنطقة من المناطق الهامة لسنوات عديدة في إنتاج النحاس . فقد وصل الإنتاج السنوي في بعض الاوقات إلى ١٧٥ مليون رطل نحاس .

يستخدم النحاس بكميات كبيرة في الصناعة فتستهلك كميات كبيرة منه في صناعة الاسلاك النحاسية والمسامير والصفائح النحاسية والنحاس الاصفر والبرونز والاجرة اللاسلكية والكهربائية والذخائر الحربية . وكذلك في صناعة العملة والاغراض الكيميائية ، ويقال أنه يوجد أكثر من ٩٠٠ استعمالا مختلفا لاغنى للنحاس عنها .

البلاطين (Pt)

يتبلور معدن البلاطين في فصيلة المسكوب ، نظام سداسي الثماني الواجه . البلورات مكعبة ولكنها نادرة ، يوجد المعدن غالبا في هيئة قشور أو حبيبات أو كتل غير منتظمة . الصلادة = ٤ - ٥ هـ (تعتبر عالية بالنسبة لفلز) . الرزق النوعي = ٢١.٤ عندما يكون نقياً ، ولكن عادة يتراوح بين ١٤-١٩ لوجود شوائب . معتم قابل للطرق والسحب . اللون أبيض فضي أو رصاصي . يريق ناصع ربما يكون مغناطيسيا إذا كان يحتوى على كمية كبيرة من الحديد التركيب الكيميائي : عنصر البلاطين ، ولكنه عادة يحتوى على الحديد (تبلغ نسبته ١٩.١ %) وكميات بسيطة من الإلريديوم والزرديوم والأوزميوم . والنحاس وفي بعض الأحيان الذهب .

يوجد البلاطين في معظم الحالات في الهيئة العنصرية إذ لا يوجد غير معدن واحد نادر الوجود (سبيريليت Sperryite) يتركب من البلاطين والزرنيخ

ويوجد البلاتين في الرواسب الأولية في الصخور فوق القاعدة وخصوصاً صخر الفوليت Dunité حيث يوجد مع معادن الأوليفين والكروميت والبيروكسين والماجنيتيت . ولكن المعدن يوجد بكميات اقتصادية في الرواسب الثانوية المعروفة بإسم رواسب التجمعات الناتجة من تفتت وتحلل الصخور الأولية الحاكمة للبلاتين والتي تنجم بالقرب من مصادرها (البلاتين وزنه النوعي كبير) . ومن أمثلة رواسب التجمعات الرواسب الموجودة في كولومبيا بجنوب أمريكا ، والإتحاد السوفيتي (جبال الأورال) ، وكندا (التي تعتبر أكبر منتج لهذا المعدن الآن) .

يستعمل البلاتين بكميات كبيرة كعامل مساعد في صناعة محاض الكبريتيك والحامض والنيتريك . وكذلك في صناعة الاجهزة الكيميائية والفيزيائية والكهربائية وفي صناعة المجوهرات والاسنان والساعات غير المغناطيسية وأدوات الجراحة .

المعادن العنصرية اللافلزية

تضم هذه المجموعة معادن الكبريت والاملاس والجرافيت وكلها معادن ذات قيمة كبيرة في التجارة والصناعة .

الكبريت (S)

يتبلور الكبريت في فصيلة المعنى القائم ، نظام الهرم المنعكس . البلورات في هيئة هرمية ، يوجد عادة في هيئة كتلية غير منتظمة وكذلك في مجموعات كلوية ، استلاكتية ، ترابية . ويوجد الكبريت في ثلاثة أشكال بلورية : النوع الشائع الموجود في الطبيعة هو المعنى القائم ، أما الشكلان الآخران فيتجمعان فصيلة الميل الواحد وينثر وجودهما كمعادن . الصلادة = ١,٥ - ٢,٥ الوزن النوعي = ٢,٠٥ إلى ٢,٠٩ . المنكسر عكاري أو غير مستو . قابل للكسر . البريق صمغي أو راتنجي . اللون أصفر كبريتي ولكنه قد يكون أصفر مائلاً إلى الخضرة أو الرمادي أو الأحمر حسب الشوائب الموجودة . شفاف إلى نصف شفاف . موصل رديء للحرارة حتى إذا أسكتنا البلورة باليد وقرناها من الأذن فإنا نسمع « قرقرة » نتيجة لتمدد السطح الخارجي للبلورة الذي سخن باليد بينما الجزء الداخلي — نتيجة للتوصيل الرديء للحرارة — لا يزال بارداً ولم يتأثر .

التركيب الكيميائي عبارة عن عنصر الكبريت ، ولكن قد توجد شوائب من مواد طينية وأسفلتية . وقد تحتوي بعض أصناف الكبريت على عنصر السيليเนียม .

الكبريت سهل الانصهار ، درجة الانصهار $112,7^{\circ}\text{C}$) ويحترق للمعدن بلهب أودق ويتج غاز ثاني أكسيد الكبريت . غير قابل للذوبان في الماء أو الأحماض ولكنه يذوب في ثاني كبريتيد الكربون . يتميز المعدن بلونه الأصفر وسهولة احتراقه . نظراً لعدم وجود انقسام به فإنه يتميز بسهولة عن معدن أوربمنت (كبريتيد الزرنيخك) .

يوجد الكبريت بكميات كبيرة في الصخور الرسوبية ويتج عادة من اختزال المعادن الكبريتاتية مثل الجبس . ويوجد المعدن مختلطاً مع معادن سلتيت والجبس وأراجونيت وكالبيت ، كما توجد رواسب الكبريت حول فوهات البراكين حيث ترسب المعدن من الغازات المتسامية والصاعدة من المداخل البركانية . وقد يوجد الكبريت نتيجة لنشاط البكتريا الكبريتية . أهم مناطق إنتاج الكبريت هي ولايات لويزيانا وتكساس بأمريكا . ويستخرج الكبريت من هذه الرواسب بطريقة فراش Frasch method حيث يدفع الماء فوق الساخن Superheated (درجة 160°C تقريباً) والهواء المضغوط إلى طبقات الكبريت بواسطة الأنابيب فينصهر الكبريت ويسحب إلى السطح ثم يترك ليبرد ويتجمد في أحواض خاصة . وتبلغ درجة نقاوة الكبريت الناتج ٩٩,٥ ٪ . ويوجد الكبريت أيضاً في جزيرة صقلية وفي المناطق البركانية مثل فيزوف و آتنا وأيلندة واليابان وهاواي . توجد رواسب الكبريت في مصر مختلطة مع رواسب الجبس والآنهدريت التابعة لمصر الميوسين والمنتشرة على طول ساحل البحر الأحمر ، وأهم هذه المناطق هي منطقة جسيمة في الجزء الشمالي من الصحراء الشرقية بالقرب من الفردقة ، ومنطقة رفجة في الجزء الجنوبي من الصحراء الشرقية . وفي كلتا المنطقتين يوجد المعدن في كتل عسبه الشكل أو شريطية في هيئة بلورات صغيرة أو مجموعات بلورية عقدية أو ككتل . . .

يستخدم الكبريت في صناعة حامض الكبريتيك والنفاب ومسحوق البارود والاسمدة الكيميائية والكاونشوك وفي الأغراض الطبية والاسمنت والموازل

الحرارية والكهربائية وتبيض الحرير والقش والمواد الصوفية وكذلك في عمليات تحضير لب الخشب اللازم لصناعة الورق .

الأماس (C)

يتبلور الأماس في فصيلة المكعب، نظام سداسى الثانى الأوجه . البلورات في العادة ثمانية الأوجه ولكن توجد بلورات كثيرة مفلطحة أو طويلة الهيئة . بعض الأوجه البلورية قد تكون منحنية أو ذات حفر . يندر وجوده في هيئة كتلية . بعض البلورات توأمية (قانون سيثيل) . الصلادة = ١٠ (أصل مادة معروفة) . الوزن النوعى = ٣,٥ . انفصام كامل { ١١١ } ، { ١١١ } . البريق المامى ولكن البلورات غير المصقولة لها بريق شحمى مميز . وتسمى الألوان النارية Fire ، التى تميز الأماس وتجعل منه حجراً كريماً إلى معامل إنكساره للعالى ٢,٤٢ ، وإلى خاصية التفرق الضوئى القوية strong dispersion . اللون مائه أصفر باهت أو شفاف ، ولكن توجد بعض البلورات لها ألوان باهتة إما حمراء أو برتقالية أو خضراء أو زرقاء أو بنية . ويطلق لاسم كربونادو ، Carbonado أو الكربون ، على النوع الأسود من الأماس الحبيبي الخشن السطوح (يستعمل في الصناعة) . التركيب الكيمائى عبارة عن عنصر الكربون النقى . لا يذوب المعدن في الأحماض أو القلويات . ولكن عند درجات الحرارة العالية ويوجد الأكسجين يحترق المعدن إلى غاز ثمانى أكسيد الكربون دون أن يترك أى رماذ ويتميز الأماس عن المعادن المشابهة له بصلادته العالية وبريقه الاماسى والانفصام الكامل .

يوجد الأماس في الطبيعة في الرمان والحصى المكونة لطبقات والشواطىء النهرية حيث يقاوم المعدن عوامل التآكل والتفتت . ويوجد الأماس أيضاً في أحد أنواع الصخور فوق القاعدية (البيريدوتيت) المعروف باسم كبرليت Kimberlite (نسبة إلى كبرى في جنوب أفريقيا) .

وهناك أربع دول تلتج تقريباً جميع إنتاج العالم من الأماس ، هذه الدول هى : اتحاد جنوب أفريقيا وزائير والهند والبرازيل . وفي الوقت الحاضر تنتج القارة الافريقية وحدها ما يقرب من ٩٥ ٪ من إنتاج العالم للاماس .

وتعتبر رائد أكبر منتج لهذا المعدن في العالم الآن حيث يبلغ إنتاجها السنوي وحده ٥٠٪ من الإنتاج العالمي . ولكن معظم الألماس المستخرج من هذه المنطقة (زائير) من النوع الصناعي . أما اتحاد جنوب أفريقيا فيعتبر المنتج الرئيس لنوع المجوهرات من الألماس .

يستخلص الألماس من الرمال والحصى وكذلك من الصخور التي يوجد بها بعد تسكيرها بواسطة الفسيل ، فترسب المعادن الثقيلة ومن بينها الألماس وتفرز باليد ، ولكن حالياً تستخدم ألواح مطلية بالشحم يمر عليها الماء المعلق به المعادن المختلفة فتلتصق الألواح المشحونة الألماس نظراً لخاصية الكبريت في الالتصاق بالشحم دون سائر المعادن الأخرى .

يستعمل الألماس إما في (١) الصناعة ، أو (٢) المجوهرات . أما الألماس المستخدم في الصناعة فغالباً ما يكون ملوفاً ومليناً بالفواصل ومناطق العنف وبعض الشوائب ، ولا يصلح في صناعة المجوهرات . وتستعمل القطع الكبيرة من هذه النوع في قطع الزجاج ، أما القطع الصغيرة فتستخدم في طحن وصقل الألماس وغيرهما من الأحجار الكريمة الأخرى . كما تستخدم آلات قطع الصخور وتجهز كيات من هذا النوع . أما النوع المستخدم في المجوهرات فهو الذي يتميز بخواص شفافية اللون . وتخلوه من الكسور ، وتفرق الضوء وانكساره به عالى ، لدرجة أن ألوان الطيف ترى في الألماسة كوهج النار . وتبدو هذه البلورات الكريمة عادة بيضاء بورقة خفيفة ، أما وجود لون القش الأصفر في بعض الألماسات فإنه يقلل من قيمتها . أما الألماسات ذات الألوان العميقة من الأصفر أو الأحمر أو الأخضر أو الأزرق فإن قيمتها كبيرة جداً . وتتوقف قيمة الجوهرة الألماسية على لونها ودرجة نقاوتها وحجمها والمهارة ونوع الأوجه التي حقلت على سطحها . ويوزن الألماس بالقيرات Carat (يساوى ٢٠٠ ملليجرام أو ٠.٢ من الجرام) وتبلغ في قطرها في المتوسط ٦ ملليمترات وعمقها ٤ ملليمترات) وأكبر ألماسة عثر عليها في مناجم الترانسفال بجنوب أفريقيا عام ١٩٠٥ بلغ وزنها ٣١٠٦ قيراط (٦٢١,٢ جرام) وسميت باسم « الرئيس » أو « نجمة إفريقيا » وقد قطعت هذه الألماسة إلى تسع ألماسات كبيرة ، ٩٦ ألماسة صغيرة . وصقل الأوجه الصناعية على جواهر الألماس فن يحتاج إلى مهارة وخبرة

كبيرة نظراً لأن قيمة الالماسة تتوقف على أنواع هذه الأوجه ودرجة انعكاسها وكسرها لاشعة الضوء وإنتاج البريق المتوحيج . وهناك أسماء كثيرة للأنواع المختلفة من الالماسات المقطوعة، منها المربع والمركز والثلاث والترايزد والخماس ونصف القمر . وتعتبر مدينة أنتويرب Anwerpen (أنترب ، انفرس) يلجيكاً المركز المالي في الوقت الحاضر لصناعة الالماس حيث يشتغل في هذه الصناعة حوالي ٢٠.٠٠٠ عامل (أى مايساوى ثلثي عمال الالماس في العالم) .

الجرافيت (C)

يتطور الجرافيت في فصيلة السداسى . نظام الهرم المنعكس السداسى للودج البلورات مقلطة أو صفائحية والأوجه التابعة للسطوح القاعدى ظاهرة ويتر وجود أوجه بلورية أخرى، غالباً في هيئة قشور أو حبيبات . الصلادة = ١-٢ (يترك أثراً أسود على الأصبع أو الورقة البيضاء) . الوزن النوعى = ٢.٢٢ إنقسام . كامل موازى للسطوح القاعدى { ١٠٠٠ } . البريق فلزى وفي بعض الأحيان أرضى معتم . اللون أسود إلى رصاصى فاتح . الخدش أسود . الملمس شمعى . القشور قابلة للانثناء ولكنها ليست مرنة .

التركيب الكيميائى : كربون ، ولكن هناك بعض الأنواع يوجد بها شوائب من أكاسيد الحديد والطين ومعادن أخرى . لا ينصهر الجرافيت ولكنه يحترق في درجات الحرارة العالية ويعطى غاز ثنائى أكسيد الكربون ، لا يتأثر المعدن بالأحماض .

يشتمل الجرافيت بلونه وصلادته المنخفضة وهيئته الصفائحية . ويفرق بينه وبين معدن الموليدانيت الذى يشبهه في اللون والبريق في أن الجرافيت سالب في تفاعلاته الكيميائية أما الموليدانيت فيعطى أملاح الموليدنوم ، كذلك يعطى غندشاً يميل إلى الخضرة .

يوجد الجرافيت عادة في الصخور المتحولة مثل الصخر الجبرى التبلور والثست والتيس . وقد يوجد في هيئة كتل مركزة أو قشور منتشرة في الصخر ولكنها تكون جزءاً كبيراً منه ، وقد تتج هذا الجرافيت من تحول عنصر الكربون أثناء عمليات التحول . وقد ينتج الجرافيت نتيجة لتحول الحرارى الشديد لرواسب

النجم . وكذلك قد يوجد الجرافيت في بعض العروق المائية الحارة ومصدره في هذه الحالة الصخور المتحولة على جانبي العرق . وتحتوى أنواع قليلة من الصخور التارية على معدن الجرافيت ، وقد وجد المعدن أيضاً في بعض الشهب .

- توجد أكبر المناطق إنتاجاً للجرافيت في جزيرة سيلان حيث توجد كتل قشرية من الجرافيت في العروق الموجودة في النيس والصخر الجيري . كذلك توجد رواسب كبيرة من المعدن في النمسا وإيطاليا والهند والمكسيك وجزيرة مدغشقر وبعض الولايات الأمريكية . وفي مصر يوجد الجرافيت في صخور الشست المعروفة باسم الشست الجرافيتي في هيئة كتل عدسية الشكل في الصخور المتحولة التابعة لحقب الربيكامري . وأهم هذه المناطق هي : (١) وادى أم هيج (منطقة وادى ستر) ، (٢) وادى المياه (منطقة بفت أبو جوريا) ، (٣) وادى حمش ، وكلها بالصحراء الشرقية .

يستخدم الجرافيت في صناعة البرقعات الحرارية المستعملة في صناعة الصلب والنفاس الأصفر والروز . وكذلك يستعمل المعدن في طلاء أفران المطابع وبطانات أفران الصهر وصناعة أقلام الرصاص والبريات والشحومات والأقطاب الكهربائية .

المعادن الكبيرة

تعتبر هذه المجموعة من أهم المجموعات المعدنية إذ أنها تضم أغلب الخامات المعدنية ، وتشمل المعادن التالية :

Ag ₂ S	مكعب	Argentite	أرجنتيت
Cu ₂ S	معيّن قائم	Chalcocite	الكوسيت
Cu ₅ FeS ₄	مكعب	Bornite	بورنيت
PbS	مكعب	Galena	جالينا
ZnS	مكعب	Spalerite	سفاليريت
CuFeS ₂	رباعي	Chalcopyrite	الكوبيريت
FeS	سداسي	Pyrrhotite	بيروثيت
HgS	سداسي	Cinnabar	سنيار
As ₂ S ₃	البل الواحد	Realgar	ريالجار
As ₂ S ₅	البل الواحد	Orpiment	أوربيمات
Sb ₂ S ₃	معيّن قائم	Stibnite	ستبنايت
FeS ₂	مكعب	Pyrite	بيريت
FeS ₂	معيّن قائم	Marcasite	ماركزيت
FeAsS	البل الواحد	Arsenopyrite	أرسنوبيريت
MoS ₂	سداسي	Molybdenite	مولبدنيت

تتميز هذه الكبريتيدات بصفة عامة بالخواص الآتية : قليلة الوزن ، معتدلة الخدش أسود أو ملون ، ومعتدلة له بريق فلزى ، وتوجد فى الطبيعة مصاحبة لبعضها البعض فى العروق المائية الحارة وفى رواسب الإحلال .

أرجنتيت (Ag_2S)

يتبلور المعدن فى فصيلة المكعب ، نظام سداسى الثانى الأوجه . مجموعات البلورات فى هيئة متفرعة أو متشابهة . يوجد المعدن غالباً فى هيئة كتلية . الصلادة = ٢ — ٢.٥ . الوزن النوعى = ٧.٣ . قابل للتشويه والقطع بالسكين مثل فلز الرصاص . اللون والخدش رصاصى أسود ، الخدش لامع . المعدن معتدل لونه ناصع على السطح الحديث ولكنه يتحول إلى أسود نتيجة لتكوين الكبريتيد الترابى . التركيب الكيميائى : كبريتيد الفضة (Ag_2S) ، ٨٧.١٪ فضة ، ١٢.٩٪ كبريت .

يوجد الأرجنتيت كمعدن أولى فى العروق المائية الحارة مجتمعا مع الفضة العنصرية والمعادن الفضية الأخرى والجالينا وسفاليريت . وقد يوجد المعدن داخل الجالينا الفضية فى هيئة دقائق مجهرية .

يعتبر معدن أرجنتيت خاماً هاماً للفضة ، ويوجد فى مناجم الفضة فى المكسيك وبيرو وشيلي وبوليفيا . وفى أوروبا فى منطقة ساكسونيا بألمانيا ، وبوهيميا فى تشيكوسلوفاكيا ، وفى التروبيج ، كما يوجد فى ولايات نيفادا وكولورادو ومونتانا بالولايات المتحدة الأمريكية .

الكوسيت (Cu_2S)

يتبلور المعدن فى فصيلة الممبى القائم . نظام الهرم المنكسر (إذا تبلور المعدن فى درجة حرارة أقل من ٩١°م كانت البلورات معينية قائمة ، أما فوق ٩١°م فالبلورات مكعبة) . يندر وجود البلورات التى تتكون فى المادة صغيرة ذات مظهر سداسى . يوجد غالباً فى هيئة دقيقة الحبيبات أو كتلية . الصلادة = ٢.٥ — ٣ . الوزن النوعى = ٥.٥ — ٥.٨ . المكسر محارى . البريق فلزى . اللون رصاصى فاتح على السطح الحديث ولكنه يهبط إلى لون أسود مغطى بالتعرض للهوى . الخدش أسود رمادى . بعض أنواع المعدن صلابتها منخفضة وتوجد فى هيئة هباب Sooty .

يوجد المعدن في الرواسب الثانوية النشأة Supergene deposits في المناطق
الثنية راسب الكبريتيدات . وقد يوجد المعدن في بعض الحالات في الرواسب
الأولية في العروق المائية الحارة مجتمعاً مع معادن كبريتيدية أولية Hypogene
أخرى . ويوجد في الولايات المتحدة الأمريكية (مونتانا ، أريزونا ، يوتا ،
نيفادا ، ألاسكا)؛ كذلك يوجد في أفريقيا الجنوبية الغربية ، وزائير والمكسيك
وبيرو وشيل .

يوجد المعدن في عروق النحاس بشبه جزيرة سينا وفي راسب النحاس
بواي جشمي بالصحراء الشرقية .

يستعمل المعدن كنظام هام للنحاس .

يشبه هذا المعدن معدنا آخر لونه رصاصي فاتح أيضاً اسمه استروميريت
Stromeyerite وتركيبه $(AgCu)_2S$ ويوجد في العروق الكبريتيدية التي تحتوي
على الفضة .

بورنيت (Cu_5FeS_4)

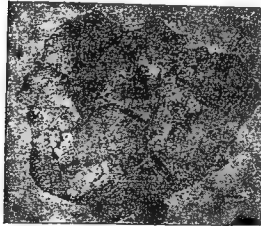
يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الأوجه . يوجد غالباً
في هيئة كتلية . الصلادة = ٣ . الوزن النوعي = ٥,٠٦ - ٥,٠٨ ره البريق
فازي ، اللون برنزي بني على السطح الحديث ولكنه يبدأ بسرعة ويتحول إلى
اللون الأرجواني Purple والأزرق وأخيراً إلى لون أسود تقريباً وذلك عند
تعرضه للجزء . يتحلل المعدن بسهولة إلى معدن الكالكوست وكوفيلك (CuS) .

معدن البورنيت من المعادن النحاسية الشائعة الوجود . ويوجد مصاحباً
معادن النحاس الأخرى في الرواسب الأولية Hypogene . وقليل ما يوجد في
الرواسب الثانوية خصوصاً في الأجزاء العليا من العروق حيث تكون غنية
بالكبريتيدات النحاسية التي تنتج من تأثير المياه الأرضية (المحتوية على النحاس)
على معدن الكالكوبيريت . كما يوجد المعدن متشراً في هيئة حبيبات دقيقة
في الصخور المتحولة بالحرارة وفي الرواسب الإحلالية وفي صخر البجائيت .
وغالباً ما يكون المعدن محتلاً اختلاطاً كبيراً بمعادن الكالكوبيريت والكالكوست

ولا يعتبر البوريت من ناحية الكمية خاما هاما للنحاس مثل معادن الكالكوسيت والكالكوبيريت . يوجد معدن البوريت بكميات كبيرة في شيل وييرو وبوليفيا والمكسيك . وفي مصر يوجد البوريت عتاطامع بعض المعادن النحاسية في عروق الكوارتز الكبريتيدية يراى حش بالجزء الجنوبي من الصحراء الشرقية . يستعمل المعدن كنخام للنحاس إذا وجد بكميات كبيرة .

جالينا (PbS)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسى الثماني الأوجه ، وأكثر الأشكال انتشاراً على البلورات هو المكعب شكل (١٨٤) .



شكل (١٨٤) بلورات الجالينا

الملاذه = ٢٥٠ . الوزن النوعي = ٧.٤ - ٧.٦ الانفصام مكعبى { ٠٠١ } كامل . البريق فلزى ناصع . اللون والاندخس أشهب رصاصى ، التركيب الكيميائى عبارة عن كبريتيد الرصاص . رصاص = ٨٦.٦٪ ، كبريت = ١٣.٤٪ ويظهر التحليل الكيماوى دائماً وجود الفضة ربما في هيئة أرجنتيت أو تتراهيدريت مختلطة اختلاطاً كاملاً مع الجالينا . وقد يحوى معدن الجالينا على كميات ضئيلة من السيلينيوم ، الزنك ، الكاديوم ، الأنتيمون ،

البزموث ، والنحاس . درجة الانصهار ≈ ٢ . ينحزل المعدن على مكعب الفحم إلى كرات صفيدة من الرصاص مع تكوين راسب دقيق من أكسيد الرصاص ذي اللون الأصفر إلى الأبيض . ويتفاعل المعدن مع حامض الكبريتيك المركز مع تكوين كبريتات الرصاص البيضاء .

يتميز معدن الجالينا بأنقصاه الواضح ووزنه النوعي العالي وصلادته المنخفضة ومخدشة الأسود . يتحلل المعدن بالعوامل الجوية المؤكسدة إلى الكبريتات (أنجليويت) والكربونات (سيرويسيت) .

تعتبر الجالينا من المعادن الكبريتيدية الفلزية الشائعة والتي توجد مصاحبة معادن سفاليريت ، مركزيت ، كالكوبيريت ، سيرويسيت ، أنجليزيت ، دولوميت ، كالسيت ، كوارتز ، باريث ، فلوريت ، في العروق المائية الحارة . وفي بعض العروق المائية الأخرى يكون المعدن مختلطاً مع معادن الفضة وبذلك يكون خاماً رئيسياً للفضة . وقد توجد الجالينا في الصخور الجيرية في هيئة عروق أو مائية للفراغات المسامية أو نتيجة للإحلال محل الحجر الجيري . ويصحب الإحلال للحجر الجيري وتكون رواسب الجالينا تغيير كيميائي للحجر الجيري نفسه وتحويله إلى الدولوميت . وقد توجد الجالينا في الصخور المتحولة بالحرارة .

وأهم المناطق التي توجد بها الجالينا : فرايرج في سكسونيا ، وجبال الهارز ، ووستفاليا وبوهيميا بأواسط أوروبا ، وكورنول وديربي شير وكمبرلاند بإنجلترا ، ومنطقة بروكن هيل بأستراليا . كذلك يوجد المعدن في بعض الولايات الأمريكية حيث يوجد منتشر في هيئة عروق أو جيوب في الصخور الجيرية في الولايات الثلاث : ميسوري ، كالساس ، أوكلاهوما ومصاحبا معادن خام الزنك .

توجد الجالينا في مصر مصاحبة معادن الزنك في رواسب الزنك والرصاص الكبريتيدية المنتشرة في الصخور الرسوبية النازمة للفترة المتوسطة من عصر الميوسين والمنتدة على شاطئ البحر الأحمر في المناطق التالية :

- (١) زوج البهار ، ١٠ كم جنوب القصير .
(٢) أم غيج ، ٥٠ كم جنوب القصير .

(٣) جبل العنز ، ٧٣ كم جنوب القصير

(٤) جبل الرصاص ، ١١٥ كم جنوب القصير

أما في جبل أم سمبوكي بالصحراء الشرقية الجنوبية فتوجد الجالينا مصاحبة
لعماد سفاليريت وكالكوبيريت في العروق المائية الحارة التي يبلغ طولها حوالي
٢٠٥-٢٠٠ م ، والقاطعة لصخور المنطقة المكونة من الديابيز والبريشيا .

تمتاز الجالينا المصدر الوحيد عمليا لفقر الرصاص ، وخامها هاما بالنسبة
للفضة . ويستعمل الرصاص في صناعة البويات وبعض أنواع الزجاج والمواسير
والصفائح وقذائف البنادق والمسدسات والمواد اللاصقة والسمائك . وتستخدم
كميات كبيرة من الرصاص في الوقت الحاضر في عمل الدروع الواقية من
الاشعاعات الذرية والأشعة السينية .

اسم المعدن مشتق من الكلمة اللاتينية "galena" ومعناها خام الرصاص .

سفاليريت (ZnS)

[زيكبلند]

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الرباعي الأوجه . تحتوي
البلورات عادة على أشكال رباعي الأوجه ، المكعب ، الإثني عشر وجهاً معيناً ،
ولكن غالباً ما تكون البلورات معقدة وغير كاملة أو موجودة في مجموعات
كروية . البلورات توأمية عديدة لتركيب Polysynthetic ويكثر وجود المعدن
في هيئة كتلية خشنة أو دقيقة الحبيبات وقد تكون هيئة عنقودية أو متماصة
أو غشائية التبلور . يوجد شكل بلوري آخر تركيبة كبريتيد الزنك أيضاً يتبلور
في فصيلة السداسي ويعرف باسم فورترزيت Wurtzite . الصلادة = ٣-٤
الوزن النوعي = ٣,٩ - ٤,١ . الانفصام { ١١٠ } كامل ولكن المعدن الدقيق
لا يظهر فيه الانفصام . البريق لافلازي - سمنى إلى شبه فلزي - وقد يكون
ماسي . اللون أبيض عندما يكون قتيماً ولكنه يتلون باللون صفراء أو بني أو
أسود ويصير اللون داكناً بزيادة نسبة الحديد بالمعدن وقد يكون المعدن أحمر
اللون أيضاً . شفاف إلى نصف شفاف . الخدش أبيض أو أصفر أو بني .

التركيب الكيميائي عبارة عن كبريتيد الزنك (ZnS) . الوزن = ٦٧٪ ،
الكبريت = ٣٣٪ ، يحتوي دائماً على الحديد . (Zn,Fe)S ، حيث لا تتعدى
نسبة وجوده ١٨٪ ، وقد يوجد التنجيز أو الكادميوم بنسبة بسيطة .

سفاليريت النقي معدن غير قابل للانصهار ولكنه ينصهر بصعوبة جداً إذا
كان يحتوي على الحديد ، ويعطى المعدن رائحة غاز ثاني أكسيد الكبريت عند
تسخينه على مكعب الفحم أو في الانبوبة المفتوحة . عندما يسخن المعدن مع
مخلوط مختزل على مكعب الفحم فإنه يعطي طبقة رقيقة من أكسيد الزنك (صفراء
وهي ساخنة وبيضاء وهي باردة) هذه الطبقة لا تنتظر في اللهب المؤكسد .
يتميز معدن سفاليريت بطريقة الصمغى الواضح وكذلك انفصامه السكامل
{ ١١٠ } . وتميز الانواع السوداء من المعدن بتخدشها البنى المائل للاحمرار .

يعتبر سفاليريت أهم خام للزنك وهو معدن شائع يوجد في الطبيعة مصاحبا
معادن الجالينا ، البيريت ، المركزيت ، كالكوبيريت ، سميتسويت (كرونايت
الزنك) ، كالسيث ، دولوميت . وغالبا ما يوجد سفاليريت مع الجالينا اللذان
يشتركان في أماكن وجودهما في الطبيعة ونشأتهما . ويوجد المعدن إما في العروق
المائية الحارة أو في رواسب إحلالية في الحجر الجيري . كما أن هناك بعض
الحالات القليلة التي يظهر المعدن فيها في هيئة عروق في الصخور النارية أو يظهر
في الصخور المتحولة بالحجارة .

يوجد المعدن في دول أواسط أوروبا وإنجلترا ، وتعتبر استراليا كندا
والمكسيك من أكبر الدول المنتجة لخام الزنك . أما في الولايات المتحدة
الأمريكية فيستخرج الخام بكميات كبيرة من ولايات ميسوري وكانساس
وأوكلاهوما . ويوجد المعدن مختلطاً مع معادن كالكوبيريت وجالينا في العروق
المائية الحارة في جبل أم سميوكي بالصحراء الشرقية . كما يوجد المعدن بكميات
بسيطة متشرة في أماكن مختلفة من الصحراء الشرقية .

يستخدم المعدن - الذي يعتبر أهم خام للزنك - في الحصول على الزنك النقي .
يستعمل في صناعة الحديد المخلوئ والتحاس الأصفر والبطاريات الكهربائية
والأواح الزنك والمركبات الكيميائية المختلفة التي تستعمل في صناعة البويات

وحفظ الخشب والمباغة والطب . ويستخلص عنصر الكاديوم من بعض أنواع سفاليريت .

الكوبيريت (CuFeS₂)

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الورد المتعكس Bisphenoidal class ولكن البلورات نادرة ، ويغلب وجود المعدن في هيئة كتلية . الصلادة = ٣,٥ - ٤ . الوزن النوعي = ٤,١ - ٤,٣ . البريق فلوي . قابل للكسر . اللون أصفر نحاسي ولكنه غالبا ما يكون مغلي بصدأ بروزي متموج الألوان . الخدش أسود مائل إلى الخضرة .

التركيب الكيميائي عبارة عن كبريتيد النحاس والحديد (CuFeS₂) ، النحاس = ٣٤,٥ ٪ ، الحديد = ٣٠,٥ ٪ ، الكبريت = ٣٥ ٪ . وقد يوجد المعدن مختلطا اختلاطا كاملا بمعدن البيريت ومعادن كبريتيدية أخرى مما يجعل نتيجة التحليل الكيميائي مختلفة قليلا عن النسب المثوية السابقة .

درجة الانصهار = ٢ ويعطى كرة مغناطيسية . ويعطى رائحة غاز ثاني أكسيد الكبريت عند تسخينه على مكعب الفحم أو في الأنبوبة المفتوحة ، ويذوب المعدن المسخن في حامض الهيدروكلوريك ويلون المحلول الלב بلون أزرق مخضر دليلا على وجود كلوريد النحاس . يتفاعل بسهولة مع حامض النيتريك معطيا راسباً من الكبريت . وبإضافة الأمونيا بكمية إلى المحلول الناتج يترسب راسب بني أحر عبارة عن إيدروكسيد الحديديك ، وعندما يرشح يبدو الراشح ذا لون أزرق (نحاس) .

يتميز معدن كالكوبيريت بلونه الأصفر النحاسي ومخدشه الأسود المائل إلى الخضرة وصلادته المنخفضة . ويمكن تفرقه عن معدن البيريت بصلادته المنخفضة وعن الذهب بكونه قابل للكسر .

يعتبر معدن كالكوبيريت من معادن النحاس الشائعة وواحد من أهم خامات النحاس . ويوجد المعدن منتشراً في المروق المائية الحارة وخصوصاً مرتفعة الحرارة hypothermal ، حيث يصاحب المعدن معادن البيريت ، البيرويت ،

سفاليريت ، جالينا ، كوازيز ، كالسيت ، دولوميت ، سبديريت ، ومعادن نحاسية أخرى . يوجد المعدن في الحالة الأولية ويتحلل بالعوامل الجوية المختلفة خصوصاً بالقرب من السطح ويفتح عنه كثير من المعادن النحاسية الثانوية التي تعمل الأكسيد والكربونات والكبريتات وقد يظهر السكالكوبيريت أيضاً كمعدن أصلي في الصخور النارية ، في عروق البجائيت ، وفي الصخور المتحولة بالحرارة . وكذلك في الصخور المتحولة بالضغط والحرارة مثل الشست . وقد يحتوى المعادن على الذهب أو الفضة وبذلك يصبح خاماً لهذه المعادن . وقد يوجد المعدن مختلطاً بكميات كبيرة من البيريت مما يقلل من قيمة الخام كـ مصدر للنحاس .

يوجد المعدن في الدول الآتية حيث يستغل كخام للنحاس : إنجلترا (كورنول) السويد (فالون) ، تشيكوسلوفاكيا (شمينز) ، ألمانيا (ساكسونيا ، فريبورج ، بوهيميا) ، أسبانيا (ريونتو) ، جنوب أفريقيا . شيل ، تركيا . وفي أمريكا يوجد في الولايات التالية مختلطاً مع معادن نحاسية أخرى بكميات متساوية أو أكبر : مونتانا ، يوتا ، أريزونا ، تينيسي . إلخ . ويوجد المعدن في إقليم أوتار بونوكويك بكندا . وفي مصر يوجد المعدن بكميات بسيطة متشرفاً كثير من عروق الخوازير . وكذلك في العروق الكبريتيدية في جبل أم سميوك ووادى حش وأبو صويل بالصحراء الشرقية الجنوبية . يعتبر السكالكوبيريت من الخامات الهامة للنحاس .

بيرو تيمت (FeS) (البيريت المغناطيسي)

يقبلور المعدن في فصيلة السدياسي ، نظام الهرم المنعكس السداسي المزدوج البلورات غالباً مفلطحة وفي بعض الأحيان هرمية ، ولكن الهيئة الشائعة هي الكتل الحبيبية أو الصفائحية . الصلادة = ٤ ، الوزن النوعي = ٥.٠٨ . البريق فلوي ، اللون برتقالي بني ، المخدش أسود ، مغناطيسي حيث يجذب المسحوق عادة إلى المغناطيس .

يوجد المعدن عادة ككتل متعولة في الصخور النارية القاعدية مثل الجابرو والبريدوتيت حيث يجتمع المعدن مع البيريت والسكالكوبيريت والبنتلانديت

Pentlandite (كبريتيد الحديد والنيكل) والجالينا . ويوجد البيرويت أيضاً في عروق البجائيت والعروق المائية الحارة . يوجد المعدن في الترويج والسويد وفنلندا وأواسط أوروبا وفي بعض ولايات أمريكا وفي مناطق سـدبوري بأونتاريو بكندا ، ويستعمل المعدن كمصدر لعنصر النيكل وخصوصاً المستخرج من منطقة سدبوري بأونتاريو (كندا) .

كوفيليت (CuS)

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي ، نظام الهرم المعكس السداسي المزودج يوجد غالباً في هيئة كتلية أو طبقات رقيقة أو حبيبات منتشرة في معادن نحاسية أخرى . الصلادة = ١.٦ - ٠.٢ الوزن النوعي = ٤.٦ - ٤.٧٦ الانقسام صفائحي حيث يعطى صفائح مرنة . البريق فلزي ، اللون أزرق بنفسجي أو أغمق . الخدش رصاصي فاتح إلى أسود . قد يذوب عرضاً للألوان Iridiecent . معتم . معدن الكوفيليت ليس من المعادن الثابتة ، ولكنه يوجد في الرواسب الثانوية التي تحتوي على النحاس ، خصوصاً كطبقات رقيقة في المناطق الغنية بالكبريتيدات ، ويوجد المعدن مع معادن الكوبريت ، بورتيت ، إنارحيت حيث ينتج من تحلل هذه المعادن . وقد يوجد الكوفيليت في حالة أولية ولكن بكمية قليلة . يوجد في بوغوسلافيا والنمسا ومردينيا وأمريكا . وفي مصر يوجد المعدن في بعض عروق النحاس في شبه جزيرة سيناء ، وفي بعض العروق الكبريتيدية بوادي حش بالصحراء الشرقية ، وفي هذه المناطق يوجد المعدن مختلطاً مع معادن نحاسية أخرى مثل الكوبيريت ومالاكيت وكوبريت وكالكوسيت وبورتيت . يعتبر المعدن مصدراً بسيطاً للنحاس .

سبنار (HgS)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام الأوجه شبه المنحرفة Trapezohedral class . البلورات عادة معينة الأوجه . غالباً في هيئة كتلية حبيبية أو ترابية أو قشور أو حبيبات منتشرة في الصخر . الصلادة = ٢.٥ الوزن النوعي = ٨.١ الانقسام منشوري كامل { ١٠١ } . البريق الماسي عندما يكون المعدن نقياً ولكنه معتم عندما يكون غير نقي . اللون أحمر فاقم عندما يكون نقياً وأحمر بني (غير نقي) . الخدش أحمر فاقم ، شفاف إلى نصف شفاف .

يعتبر السباز خاما هاما للزئبق ولكن أما كن وجوده بكميات كبيرة قليلة .
يوجد في هيئة عروق في الصخور الوسوية وكذلك كرواسب حول البراكين
والنيابيع الحارة ، ويوجد مجتمعا مع معادن البيريت والمركريت وسنتبيت ،
وكبريتيدات النحاس مع المعادن الأرضية وأويال وكالسيدونى وكوارتزوباريت
وبالسيت وفلوريت . أهم المناطق التى يستخرج منها المعدن توجد فى أسبانيا
(منطقة المعادن) . إيطاليا (إندريا) ، ييرو ، الصين . الولايات المتحدة
الأمريكية (كاليفورنيا) . والسباز هو المصدر الوحيد الهام لفلز الزئبق الذى
يستخدم بكميات كبيرة فى الصناعة والتجارة .

ريالجر (رشح الغار) [AsS]

يتبلور المعدن فى فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . يوجد المعدن فى هيئة
بلورات منشورية قصيرة ومخططة striated . وعادة تكون البلورات حبيبية
خشنة أو دقيقة ، وغالبا ماتكون فى هيئة ترابية أو قشرية . الصلادة = ١.٥
— ٢ ، الوزن النوعى = ٤.٨٠٣ . الانقسام موازى للمسطوح الجانبى { ١٠ } قابل
للقطع والتقصير . البريق صفى . اللون والنحش أحمر إلى برتقالى . شفاف إلى
نصف شفاف .

يوجد معدن ريالجر فى العروق الحاوية على خامات الرصاص والفضة والذهب
حيث يجتمع مع معدن الأوريمنت والمعادن الزرنيخية الأخرى وسنتبيت .
ويوجد المعدن أيضاً مترسبا حول فوهات البراكين والنيابيع الحارة . يوجد
المعدن فى الجمر وبوهيميا وسكسونيا وسويسرا واليونان وفى بعض الولايات
الأمريكية .

يشتمل المعدن فى الصواريخ التارية حيث يعطى ضوءاً أبيضاً ناصعاً عند
خلطه مع ملح البارود ثم إشعاله ، ويستعاض عن المعدن الآن فى هذه الصناعات
باستعمال مركب كبريتيد الزرنيخ الكيمائى . اسم المعدن مشتق من الكلمة
العربية د رشح الغار ، ومعناها مسحوق المنجم .

أوريممنت (AsS_2)

يتبلور المعدن فى فصيلة الميل الواحد . البلورات صغيرة ومسطحة أو منشورية

قصيرة ولكن عادة يصعب تمييزها. ويوجد المعدن عادة في هيئة كتل صفائحية أو
عمدانية . الصلادة = ١٠.٥ - ٢ . الوزن النوعي = ٣.٤٩ . انقسام كامل
وموازي للمسطوح الجانبي { ١ } . { ١ } . الصفائح الناتجة من الانقسام سهلة الالتئام
والتشكيل ولكنها ليست مرنة . قابل للقطع والتشوير . البريق صمغى أو لؤلؤى
على مستويات الانقسام . اللون أصفر ليموني نصف شفاف .
معدن الأوربمنت من المعادن النادرة ، ويوجد مع معدن ربالجر بصفة
دائمة تقريباً حيث يتكون الاثنان تحت ظروف مماثلة . يوجد المعدن في رومانيا
وهو واليابان وفي بعض الولايات الأمريكية . يستعمل المعدن في الصباغة
ولإزالة الصفر من الجلود . ويستحاض عن المعدن الآن بالمركب الكيميائى .
وقد كان الربالجر والأوربمنت يستعملان في صناعة البويات ولكن توقف هذا
الاستعمال الآن نظراً لطبيعتها السامة .

مستثبنت Sb_2S_3

يتبلور المعدن في فصيلة المعينى القائم ، نظام الهرم المنعكس . البلورات
منشورية رفيعة وأوجه المنشور محططة طولياً . بعض البلورات منحنية أو
منثنية . عادة يوجد في هيئة مجموعات لبلورات شعاعية أو نصلية ، شكل (١٨٥) ،
واضح فيها الانقسام . كذلك يوجد في هيئة كتل دقيقة أو خشنة الحبيبات



شكل (١٨٥) بلورات سبثيت .

الصلادة = ٢ . الوزن النوعي = ٤,٥٢ - ٤,٦٢ . الانقسام كامل موازى لمسطوح الجانبي { ١٠ } . البريق فلزى وناجع على أسطح الانقسام . والمخدش رصاصى فاتح إلى أسود . معتم .

التركيب الكيميائي : ثالث كبريتيد الانتيمون . انتيمون = ٧١,٤ ٪ ، كبريت = ٢٨,٦ ٪ ، قد يحتوى المعدن على كميات بسيطة من الذهب والفضة والرصاص والنحاس .

درجة الانصهار = ١ . بتسخين المعدن على مكعب الفحم يعطى طبقة كثيفة بيضاء من ثالث أكسيد الانتيمون ورائحة غاز أكسيد الكبريت . يتميز المعدن بدرجة انصهاره المنخفضة (سهل الانصهار) وهيئة بلوراته الصلبة وانقسامه في مستوى واحد ولونه الرصاصى الناتج ومخدشه الأسود الناعم .

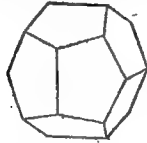
يترسب ستنيت من المياه القلوية عادة مع معدن السكوارتز . يوجد المعدن في البروق المائية الحارة المنخفضة الحرارة القاطعة لصخور الجرانيت والبيس ومختلطا مع معادن الجالينا والسنار وسفاليريت وباريت وريالجر وأوربيمنت والذهب . كذلك يوجد نتيجة للاحتلال في الصخور الجيرية والطفلية ، ومصدر هذه المحاليل هو البناييع الحارة .

يوجد المعدن في كثير من مناطق التعدين بأواسط أوروبا ، وتوجد بلورات رائدة للمعدن في اليابان ، شينكل (١٨٥٥) . تعتبر الصين أم دولة منتجة لستنيت . ويوجد المعدن في بورنيو وبوليفيا وبيرو والمكسيك وبعض الولايات الأمريكية . ويوجد المعدن في بعض البروق في الجوه الجنوبي من الصحراء الشرقية المصرية .

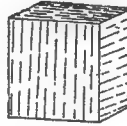
يعتبر معدن ستنيت أم خام للانتيمون . ويستخدم الفلوق في صناعة كثير من السبائك التي تستعمل في البطاريات الكهربائية وحروف الطباعة وأنواع أخرى كثيرة من السبائك القلوية اما الكبريتيد فلانة يستعمل في صناعة الصواريخ النارية والتقارب والكاوتشوك وفي الأغراض الطبية . ويستخدم ثالث أكسيد الانتيمون في صناعة الطلاء والزجاج .

بيريت (FeS₂)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب . نظام الاثنى عشر وجها المعيني المزدوج Didodecahedral Class ، غالباً في هيئة بلورات يقلب عليها شكل المكعب ، وفي بعض الاحيان تكون الالوجه مخططة ، شكل (١٨٦) . وكذلك قد توجد أشكال الاثنى عشر وجها الخامس Pentagonal Dodecahedron (بيريتوهيدرون) شكل (١٨٧) ، وغمانى الالوجه . وتوجد بعض البلورات التوأمية . كذلك يوجد المعدن في هيئة كتلية أو حبيبية أو كروية أو



شكل (١٨٧)



شكل (١٨٦)

استلاكتيتية . الصلادة = ٦ = ٦ ر (تعتبر عالية بالنسبة للكريتيد) . الوزن النوعى = ٥.٠٢ ر . قابل للكسر . البريق فلزى ناصع . اللون نحاسى أصفر باهت ولكن قد يكون أغمق من ذلك نتيجة للصدأ . الخدش أسود مائل للفضة أو الى اللون البنى . معتم .

التركيب الكيميائى : ثانى كبريتيد الحديد (FeS₂) . الحديد = ٤٦.٦٪ والكبريت = ٥٣.٤٪ . قد يحتوى المعدن على كميات بسيطة من النيكل والكوبالت والزنك . عادة يحتوى على كميات ضئيلة من الذهب والنحاس والى توجد كشوائب ميكروسكوبية . درجة الانصهار = ٢٥٠ - ٢٣٠ ، وتعطى كرة صغيرة مغناطيسية . يعطى المعدن كمية من الكبريت فى الانزوية القفلة . أمانى الانزوية المفتوحة أو على مكعب الفحم فيعطى رائحة غاز ثنائى أكسيد الكبريت لاينوب فى حامض الهيدروكلوريك ، ولكن المسحوق الناعم يذوب فى حامض التيتريك .

يتميز المعدن عن الكالكوبيريت بلونه الباهت وصلادته العالية (لا ينخشش
بمسار صلب) ويتميز عن الذهب بقابليته للكسر وصلادته العالية (الذهب
قابل للطرق والحب) . ويتميز عن الزركويت بلونه الأغمق وشكله
البلورى .

يتحلل معدن البيريت بسهولة ويتأكسد إلى أكاسيد الحديد ، عادة الليمونيت
ولكن المعدن أكثر ثباتاً على عدم التحلل من الزركويت . وغالباً توجد بلورات
بخادعة (أو كاذبة) للليمونيت المتشكون من أكاسيد البيريت ، ويطلق اسم
جوسان Gosan على الغطاء الذى يوجد فوق عروق البيريت بالقرب من السطح
والمكون من رواسب استتجية من الليمونيت . وتعتبر الصخور الحاوية على معدن
البيريت مخير لائحة للأغراض البنائية الهندسية ، وذلك بسبب سهولة أكسدة
البيريت التى تؤدى إلى تفتت الصخر وصيفه بلون أكسيد الحديد .

معدن البيريت من المعادن الشائعة الوجود ، ويتشكون المعدن فى درجات
الحرارة العالية والتخففة ، ولكن الرواسب الضخمة يحتمل أن تكون قد
تكونت فى درجات حرارة عالية ، كما يوجد البيريت كمعدن إضافي فى الصخور
النارية ، وأيضاً فى الصخور المتحولة والمروق . وكذلك يوجد المعدن بصفة
شائعة فى الصخور الرسوبية إما من أصل أولي أو من أصل ثانوى . ويوجد
معدن البيريت مصاحباً عادة معادن الكالكوبيريت وسفاليريت وجالينا . ويوجد
المعدن بكميات كبيرة فى أسبانيا والبرتغال وبعض الولايات الأمريكية . وفى
مصر يوجد المعدن منتشراً فى كثير من العروق والصخور النارية والمتحولة
والرسوبية فى الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء والصحراء الغربية ، ولكن
لا يوجد بكميات كبيرة ذات قيمة اقتصادية .

يستعمل البيريت أساساً فى صناعة حامض الكبريتيك ولكنه يعتبر مصدراً
للحديد فى البلاد التى تفتقر إلى رواسب أكاسيد الحديد فيها . وقد يستعمل
المعدن كمصدر للنحاس والذهب . ويستعمل المعدن فى إنتاج كبريتات
الحدبوز copperas التى تستخدم فى الصباغة وصناعة الحبر وأغراض
كيميائية مختلفة .

مركزيت (FeS₂)

(بيريت الحديد الأبيض)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المتعكس . البلورات غالباً مسطحة وموازية للمستطوح القاعدي وكذلك تظهر على البلورات منشورات قصيرة . عادة توجد البلورات في مجموعات توأمية . كذلك توجد مجموعات بلورات شعاعية أو استلاكتية حيث يتكون اللب core من بلورات شعاعية ومنطقة من الخارج بمجموعات بلورات غير منتظمة . كذلك في مجموعات كروية أو كلوية . يتميز المعدن عن البيريت بلونه الأصفر الباهت وبلوراته وهيئة الأبرية وكذلك بالاختبارات الكيميائية وبالأشعة السينية .

يتحلل المعدن بسهولة إذا قورن بمعدن البيريت وينتج عن التحلل كبريتات الحديدوز وحامض الكبريتيك . ويعرف المسحوق الأبيض الذي يتكون على سطح المركزيت في الطبيعة بإسم ميلانتيريت .

يوجد معدن المركزيت في العروق الكبريتيدية خصوصاً مع خامات الرصاص والزنك ، وكذلك ، في الصخور الرسوبية . ويترسب المعدن من المحاليل الأرضية في درجات الحرارة العادية كمعدن ثانوي ، يوجد كثيراً في الصخور الجيرية نتيجة للإحلال ، وكذلك كمعدنات concretions مترسبة في الطين والمارل والطين . يوجد في أوروبا الوسطى وإنجلترا وبعض الولايات الأمريكية . يوجد المعدن منتشراً في بعض صخور وعروق الصحراء الشرقية ، كما يوجد في منطقة الكبريتيدات النقية تحت مستوى الماء الأرضي في منطقة أم غبيج مجتمعاً مع رواسب الزنك والرصاص . يستعمل المعدن بكميات قليلة في صناعة حامض الكبريتيك .

أرسمينو بيريت (FeAsS)

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات عادة منشورية موازية المحور . بعض البلورات توأمية وتعطي مجموعاتاً أشكالا معينة قائمة كاذبة . يوجد في هيئة كتلية . الصلادة = ٥.٥ - ٦ ، الوزن النوعي = ٦.٠٧ . البريق فلزي . اللون أبيض فضي المخدش أسود مغمم .

يعتبر معدن الارسينوبيريت أكثر المعادن الحاوية للورنيخ انتشاراً ، يوجد المعدن مع خامات القصدير والتجتن في العروق المائية المرتفعة الحرارة وكذلك في عروق أخرى حاوية لمعادن الفضة والنحاس والجالينا وسفاليريت وبيريت وكالكوبيريت . يوجد المعدن عادة مع الذهب ، وقد يوجد المعدن في صخر البجائيت ورواسب الصخور المتحولة بالحرارة ، وكذلك يوجد منتشراً في بعض الصخور الجيرية المتبلورة .

يوجد معدن الارسينوبيريت منتشراً في كثير من البقاع وخصوصاً في مناطق أوروبا الوسطى وإنجلترا وبوليفيا وبعض الولايات الأمريكية . يوجد المعدن في بعض عروق المرور الحاملة للذهب كما في العروق الموجودة عند أبوداب في المنطقة الوسطى من الصحراء الشرقية المصرية

يستعمل المعدن كخام للورنيخ ، ويستخدم أكسيد الزرنيخوز في صناعة الزجاج ومادة حافظة . أما زرنيخات الرصاص فتستعمل كبيد حشرات ، وتستعمل بعض الاملاح الأخرى في صناعة البويات والصوارنيخ النارية .

مولبدنيمت (MoS_2)

يتبلور المعدن في قميلة السداسي ، نظام الهرم المنعكس السداسي المزدوج . البلورات سداسية مسطحة وقصيرة . يوجد غالباً في هيئة قشرية أو كتلية أو صفائحية . الصلادة = ١ - ١.٥ . الوزن النوعي = ٤.٦٢ - ٤.٧٢ . الانقسام قاعدي كامل { ١٠٠ } . الصفائح سهلة الالتئام والتشكيل ولكنها ليست مرنة قابل للتقطيع والتشجير . الملمس شعبي . البريق فلزي . اللون رصاصي فاتح . الخشن أسود رصاصي . معتم .

يشبه المعدن معدن الجرافيت ولكنه يتميز عنه بوزنه النوعي العالي ، ولون المولبدنيت يشوبه بعض الورقة ولكن الجرافيت يشوبه بعض اللون البني .

وكذلك يفرق المعدنان بالاختبارات الكيميائية حيث يدل وجود الكبريت والمولبدنوم على المولبدنيت ، وإذا خشن المعدنان على لوح من الصينى المصقول اللامع فإن المولبدنيت يعطى غداً يميل إلى الخشونة أما الجرافيت فيعطى غداً أسود .

يظهر معدن الموليبدنيت كمعدن إضافي في بعض أنواع صخور الجرانيت والبيجنايت والالبيت ، ولكن يغلب وجود المعدن في العروق المائية الحارة المرتفعة الحرارة حيث يصاحب معادن الكاسيتريت وشيليت وولفراميت وفلوريت . وكذلك يوجد المعدن في بعض الصخور المتحولة بالحرارة مع معادن سليكات الكالسسيوم وشيليت . (تنجستات الكالسسيوم) وكالكروبيريت .

يوجد المعدن في بوهيميا والسويد والنرويج وإنجلترا والصين والمكسيك وبعض الولايات في أمريكا وكندا . ويوجد المعدن في عروق الكوارتز القاطعة لصخر الجرانيت في منطقة جبل الجتار (انتطار) بالصحراء الشرقية المصرية . يستعمل المعدن كخام لفلز الموليبدنوم ومركباته الكيميائية . يستعمل الفلز في صناعة الصلب والحديد والأجهزة والأدوات التي تنور بسرعة ، وفي الأفران الكهربائية وأجهزة الأشعة السينية .

معادن الأملاح الكبريتية (Sulfosalts)

المعادن الكبريتية هي المعادن التي تحتوي على فلز (مثل الرصاص والحديد والنحاس... الخ) أو شبه فلز (مثل الزرنيخ والانتيمون) متحدا مع الكبريت . أما إذا وجد كل من الفلز وشبه الفلز فإن شبه الفلز يأخذ مكان الكبريت في البناء الذري كما في حالة الأرسينوبيريت ($FeAsS$) — ويتفاعل شبه الفلز في هذه الحالة كعنصر سالب التكهرب (أنيون) . أما في معادن الأملاح الكبريتية فإن شبه الفلز يقوم بدور الفلز في البناء الذري ، وعلى ذلك يمكن اعتبار هذه المعادن كأنها كبريتيدات مزدوجة : فلزا معدن إيتارجيت ($Cu_8As_4S_4$) يمكن اعتباره كأنه كبريتيد مزدوج : ($3Cu_2S \cdot As_2S_3$) .

ويوجد حوالي ١٠٠ معدن ملح كبريتي ولكن أهم هذه المعادن هي :

بيرارجيريت	Pyrargyrite	(Ag_3SbS_3)	الثلاثي
بروستيت	Proustite	(Ag_3AsS_3)	الثلاثي
تتراهيريت	Tetrahedrite	(Cu, Fe, Zn, Ag) ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	المكعب

إنارجيت	Enargite	(Cu_3AsS_4) المعنى القاتم
بورنونيت	Bournonite	(PbCuSbS_3) المعنى القاتم

بيراجيريت (Ag_3SbS_3)

(خام الفضة الأحمر الداكن)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام الهرم المودوج *Trigonal Pyramidal* : البلورات نادرة . يظلب وجوده في هيئة كتلية متساكة أو منتشرة أو في هيئة قشور أو صفوف . الصلادة = ٢.٥ - ٣ ، الوزن النوعي = ٥.٨ . المكسر محاري . البريق الماسي . نصف شفاف . أحمر داكن إلى رصاصي فاتح . المخشش أحمر فاقع (cherry) إلى أحمر أرجواني (purple) .

يوجد المعدن مع معادن الفضة الكبريتية المحلية في عروق الفضة مصاحباً لخامات فضة وكالسيت وجالينا . يوجد في أواسط أوروبا وفي المكسيك وشيل وأوتاريو وبعض ولايات أمريكا . يستعمل المعدن كخام خام للفضة .

بروسيتيت (Ag_3AsS_3)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام الهرم الثلاثي المزدوج . البلورات صغيرة ومتغيرة يوجد عادة في هيئة كتلية أو قشور أو في صفوف . الصلادة = ٣ - ٢.٥ ، الوزن النوعي = ٥.٥ . المكسر محاري . نصف شفاف ، قابل للكسر . البريق الماسي ، اللون أحمر ياقوتي . المخشش أحمر فاقع . يوجد المعدن في عروق الفضة مصاحباً معادن الفضة والكالسيت والجالينا .

تمرأهيدريت ($(\text{Cu}, \text{Fe}, \text{Zn}, \text{Ag})_2\text{Sb}_2\text{S}_{10}$)

(النحاس الأشهب)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب . نظام سداسي رباعي الأوجه *Hexatetrahedral* . قد يوجد في مجموعات بلورات متوازية . من الأشكال الشائعة على البلورات رباعي الأوجه والاثنا عشرونها معينا والمكعب . يوجد

المعدن كذلك في هيئة كتلية ذات حبيبات دقيقة أو خشنة . الصلادة = ٢
— ٤١٥ . الوزن النوعي = ٤.٦ — ٥.١ . البريق فلزي . اللون أسود
رصاصي إلى أسود . المخدش أسود إلى بني . معتم .

التركيب الكيميائي: أساساً عبارة عن كبريتيد الاليتيمون والنحاس والحديد
والزنك والفضة ، والنحاس هو أكثر هذه العناصر ، أما الحديد والزنك
فوجودهما يكون بدرجة متوسطة ، ولكن الفضة والرصاص والوثيق فأقلها
وجوداً . وقد يحل الزرنيخ محل الاليتيمون إحصائياً (بجميع النسب)
وعلى ذلك توجد متسلسلة كاملة بين الطرفين التاميين أحدهما معدن الاليتيمون
الثقيل — تراهيدريت — والآخر معدن الزرنيخ الثقيل تانتيت Tenonitite .

درجة الانصهار = ١١٥٠ . يعطى المعدن على مكعب الفحم وكذلك في
الأنبوبة المفتوحة الاختبارات الخاصة بالاليتيمون أو الزرنيخ أو كليهما . وتعطى
المادة المسخنة والمبللة بمحلول الهيدروكلوريك لوناً أزرق غامقاً للهب دلالة على
كلوريد النحاس . يتفاعل المعدن مع حامض النيتريك مع ترسيب الكبريت
وثالث أكسيد الاليتيمون ، فإذا أضفنا إلى المحلول الناتج الأمونيا حتى يصبح
قلوياً فإن لونه يصبح أزرقاً .

يتميز المعدن بشكل بلوراته الرباعية الأوجه . وعندما يكون في هيئة كتلية
يتميز بقابليته للكسر ، ولونه الرصاصي .

يعتبر معدن تراهيدريت أكثر معادن الأملاح الكبريتية انتشاراً . يوجد
عادة في العروق المائية الحارة مع معادن النحاس والفضة التي تتكون في ظروف
منخفضة أو متوسطة من الحرارة . يندر وجود المعدن في العروق المرتفعة
الحرارة أو في الصخور المتحولة . يوجد المعدن مصاحباً للكالكوبريت
وسفاليت وجالينا ومعادن فضة ونحاس ورصاص أخرى كثيرة .

قد يحتوي المعدن على كمية لا بأس بها من الفضة حتى يصبح خاماً هاماً
للفضة . يوجد في انجسترا (كورنوال) . وسكسونيا (فرايرج) ويوميبا
ورومانيا والمكسيك وبيرو وبوليفيا . وفي بعض ولايات أمريكا ، يستعمل
المعدن كخام للنحاس والفضة .

إينارجيت (Cu_2AsS_8)

يتبلور المعدن فى فصيلة المعينى القائم ، نظام الهرم . البلورات صغيرة ومشورية مخططة رأسياً ولكنها نادرة غالباً . يوجد المعدن فى هيئة كتل متساكنة أو حبيبية أو عمدانية . الصلادة = ٣ . الوزن النوعى = ٤.٠٤ . الانقسام منشورى كامل . المكسر خشن . البريق فلزى . اللون والمخدش أسود رصاصى إلى أسود جديدى معتم .

معدن إينارجيت من المعادن النادرة نسبياً ويوجد فى العروق ورواسب الإحلال مصاحباً لمعادن البيريت وسفاليريت وبورنيت وجالينا وتتراهدريت وكوفيليت وكالكوسيت .

بورنوفيت (PbCuSbS_5)

يتبلور المعدن فى ذعيله المعينى قائم . نظام الهرم المعكس . البلورات منشورية أو راجحة سميكة . وغالباً توأمية فى شكل حليب . كذلك يوجد المعدن فى هيئة كتلية متساكنة وحبيبية . الصلادة = ٢.٥ - ٣ . الوزن النوعى = ٥.٧ - ٥.٩ . الملمس شمعى على السطح المكسور حديثاً . البريق فلزى . اللون رصاصى إلى أسود . المخدش رصاصى داكن إلى أسود .

يعتبر معدن بورنوفيت من المعادن الكبريتية الملحية الشائعة حيث يوجد فى العروق المائية الحارة المتوسطة الحرارة . ويصاحب البورنوفيت معادن الجالينا وتتراهدريت وسفاليريت وبيريت .

المعادن الأكسيدية

يمكن تصنيف الأكاسيد إلى أكاسيد بسيطة وأكاسيد مركبة وأكاسيد تحتوى على شق الايدروكسيد وايدروكسيدات . أما فى التصنيف التالى فسوف نكتفى بتصنيفها إلى أكاسيد لامائية وأكاسيد مائية . وتشمل مجموعة الأأكاسيد معادن كثيرة ذات قيمة اقتصادية وخصوصاً معادن هيمايت ، ماجنتيت ، كروميت ، كاسيتريت ، جويت . ونسظم إلى هذه المجموعة أكاسيد السليكون ، ولو أنه حبيب بنائها الذى تتبع مجموعة السيليكات .

ونلاحظ فى التصنيف التالى أن أكاسيد الفلوات اللامائية يمكن حصرها فى خمسة أعماط Types تناسبية الفلز A (وفى بعض الأحيان معه فلز آخر B) إلى الأكسجين ، وهى :

Ca_2O	(معدن النج) ، H_2O	مثل ، A_2O	نقط
	ZnO	مثل ، AO	نقط
FeTiO_3 ، Fe_2O_3	، Al_2O_3	مثل ، A_2O_3	نقط
UO_2 ، Al_2O_3 ، SnO_2	، TiO_2	مثل ، AO_2	نقط
FeCr_2O_4	، MgAl_2O_4	، AB_2O_4	نقط
	FeFe_2O_4		

١ - اكاسيد لائية

الثلاثي	SiO_2	Quartz	كوارتز
الكرب	C_2O_3	Cuprite	كوبريت
السداسي	ZnO	Zincite	زنكيت
الثلاثي	Al_2O_3	Corundum	كوارندوم
الثلاثي	Fe_2O_3	Hematite	هيماتيت
الثلاثي	FeTiO_3	Ilmenite	إلمينيت
الرابعي	TiO_2	Rutile	روتيل
الرابعي	SnO_2	Cassiterite	كاسيتريت
الرابعي	MnO_2	Pyrolusite	بيرولوسيت
الكرب	UO_2	Uraninite	يورانييت
الكرب	MgAl_2O_4	Spinel	سبينيل
الكرب	FeFe_2O_4	Magnetite	ماجنيت
الكرب	FeCr_2O_4	Chromite	كروميت

ب - اكاسيد لائية

غير متبلور	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Opal	أوبال
للبل الواحد	$\text{MnO}(\text{OH})$	Manganite	مانجانيت
المعقد القائم	HFeO_2	Goethite	جوتيت
أكاسيد حديد متعشبة		Limonite	(ليمونيت)
أكاسيد ألومنيوم متعشبة		Bauxite	(بروكيت)
أكاسيد متعشبة متعشبة		Psilomelane	بسيلوميلان

١ - الألكاسيد اللامائية

الكوارتز (SiO_2)

يوجد نوعان من الكوارتز: الكوارتز المتبلور في درجات حرارة أقل من ٥٧٣°م وهذا يتبع فصيلة الثلاثي، نظام شبه المنحرف الثلاثي (Trigonal Trapezohedral) والكوارتز المتبلور في درجات حرارة أعلى من ٥٧٣°م وهذا يتبع فصيلة السداسي. نظام شبه المنحرف السداسي (Hexagonal Trapezohedral) ويكثر وجود بلورات الكوارتز المنخفض (أقل من ٥٧٣°م) في الطبيعة حيث تتكون من منشور سداسي وتنتهي بأوجه المعيب السالب والموجب، وقد تكون أوجهها (السالب والموجب) متساويتين حتى يبدو أن معاً وكأنهما شكل الهرم المنعكس السداسي، شكل (١٨٨). وهيئة البلورة الشائعة هي المنشورية أما الهيئة الهرمية فإنها أقل انتشاراً، وتوجد خطوط أفقية على أوجه المنشور. وقد توجد البلورات ثنائية أو مشوهة كثيراً. وعندما توجد أوجه الشكل البلوري المعروف باسم شبه المنحرف الثلاثي على البلورة فإن البلورة توصف بأنها يمينية right-handed، شكل (١٨٩)، أو يسارية left-handed، شكل (١٩٠) حسب نوع شكل شبه المنحرف الموجود.



شكل (١٩٠)



شكل (١٨٩)



شكل (١٨٨)

ويكثر وجود التوائم على بلورات الكوارتز. ويوجد الكوارتز أيضاً في الهيئة الكتلية وفي أشكال كثيرة. وقد تكون البلورات كبيرة واضحة أو دقيقة مجهرية أو خفيفة.

الصلادة = ٠.٧. الوزن النوعي = ٢.٦٥. المكسر محارى. الرقيق زجاجى وقد يكون فى بعض العينات شحمى أو ناصع. اللون عادة شفاف أو أبيض ولكن عادة يتلون المعدن بألوان مختلفة نتيجة لوجود الشوائب المختلفة به وينتج عن هذه الألوان أنواع كثيرة من معدن الكوارتز (كما سيلي بعد). شفاف أو نصف شفاف. له خواص الكهرباء الضعيفة والكهرباء الحرارية بوضوح.

التركيب الكيميائى: عبارة عن ثنائى أكسيد السليكون النقى. السليكون = ٢٦.٧ ٪ الأكسجين = ٥٣.٣ ٪، ولكن قد يكتنف المعدن معادن الروتيل والهيماتيت والكلوريت والميكائيل وبعض المكتشفات (inclusions) السائلة أو الغازية مثل ثنائى أكسيد الكربون. الخ. لا يذوب المعدن فى الأحماض العادية ولكنه يذوب فى حامض الهيدروفلوريك، لا ينصهر المعدن ولكنه يعطى كرة زجاجية شفافة عندما يصهر مسحوق المعدن مع حجم مساو له من كربونات الصوديوم.

يتميز المعدن بريقه الزجاجى ومكسره المحارى وشكله البلورى. ويتميز من معدن الكالسيت بصلادته العالية، وعن بعض أنواع معدن البيريل بصلادته المنخفضة.

توجد أنواع عدة من الكوارتز يمكن تصنيفها بسهولة للدرس والاختبار إلى قسمين:

١ - الأنواع الخشنة البلور Coarsely crystalline varieties

٢ - الأنواع الخفية البلور Cryptocrystalline varieties

(أ) أنواع اليافة Fibrous varieties

(ب) أنواع حببية Granular varieties

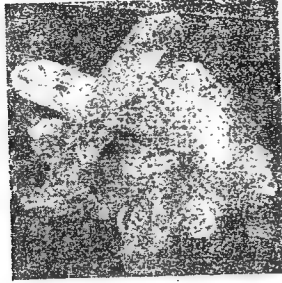
١ - الأنواع الخشنة البلور.

(١) البلور الصخرى Rock crystal: يوجد الكوارتز الشفاف غالباً فى هيئة

بلورات واضحة، شكل (١٩١).

(٢) الأميثيست (الجمشت) أو الكوارتز البنفسجى Amethyst:

الكوارتز ذو اللون البنفسجي أو الأرجواني . يحتمل أن يكون سبب اللون وجود شوائب من المنجنيز .



شكل (١٩١) بلورات الكوارتز

(٣) الكوارتز الوردي Rose Quartz : لونه أحمر وردي ويثبت اللون عند تعرضه للضوء . يحتمل أن يكون سبب اللون وجود التيتانيوم . يوجد المعلن في هيئة كتل متبلورة خشنة ناقصة الأوجه .

(٤) الكوارتز المدخن Smoky Quartz : يوجد غالباً في هيئة بلورات ذات لون دخاني أصفر يميل إلى البني الأسود .

(٥) الكوارتز الأبيض أو اللبني Milky Quartz : لونه أبيض مثل اللبن . معتم تقريباً . له بريق شعبي .

(٦) الكوارتز الحديدى Ferruginous Quartz : لونه بني أو أحمر نتيجة لاحتوائه على الليمونيت أو الهيماتيت .

(٧) الكوارتز الأصفر أو السترين Citrine : لونه أصفر باهت .

(٨) عين الهر Cat's paw : وله خاصية الأوبال (اللاية) أو عرض الألوان

نتيجة لوجود شوائب في هيئة ألياف أو لطيفة وجود الكوارتز نفسه في هيئة الألياف .

(٩) عين الغر Tiger's eye : كوارتز أليافي لونه أصفر يوجد في جنوب أفريقيا وهو عبارة عن شكل كاذب الكوارتز الذي حل محل المدن الأليافي كروسيبوليت (نوع من البيروكسينات تركيبه سلسكات الصوديوم والحديد المائية)
٢ - الأنواع الخفية التباور :

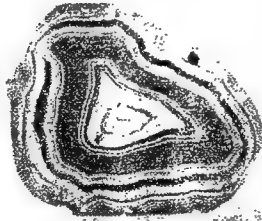
لا يمكن التفرقة بين القسمين التابيين لهذه الأنواع - الأليافية والحبيبية - إلا بواسطة الميكروسكوب .

(١) الأنواع الأليافية .

(١) كالسيدوني chalcedony نوع ذو بريق شمعي . شفاف أو نصف شفاف . الوزن النوعي = ٢.٦٤ . يتكون من الألياف ميكروسكوبية . اللون أبيض أو رمادي أو بني أو أسود . وقد تكون الكالسيدوني بالترييب من المحاليل المائية حيث يوجد ماثالا للشقوق والفجوات في الصخور .

(٢) أجيت (العقيق)

Agate نوع من الكالسيدوني يتميز بكونه الموجود في صفوف أو طبقات قد تكون مستقيمة أو منموجة أو دائرية أو غير منتظمة ، شكل (١٩٢) . وقد يكون لون هذه الصفوف أيضا أو بنيا أو أحمر . وقد تلحق هذه الصفوف عن الترييب المتلاحق .



شكل (١٩٢) أجيت

(٢) كارنيليان (العقيق الأحمر) carnelian كالسيدوني أحمر .

(٤) كرايزوبريت Chrysoprase : كالميدوني ذو لون أخضر قاحل.

(٥) أونكس (العقيق اليماني) Onyx : أحيت ذو صفوف مستقيمة .

(ب) الأنواع الحية :

الجبسر (البص) Jasper عبارة عن كوارتز مسكون من حبيبات خفية البلور ذو لون أحمر نتيجة لاحتوائه على الهيمات . معتم .

أما الفلت (الصوان) Flint والبيرت chert فهما اسمان لصخرين وليسا لمعدنين لأن كلا منهما يتكون من أكثر من معدن للسليكا . وقد استخدم الإنسان القديم صخر الفلت في تحت وعمل كثير من الأدوات التي يستعملها .

ومعدن الكوارتز من المعادن النائمة الوجود في الطبيعة . فهو مكون أساسي للصخور النارية الحمضية مثل الجرانيت والرايوليت والبيجايت . كذلك يكون الكوارتز معظم حبيبات الصخور الرسوبية الرملية ، وذلك لأن المعدن يقاوم عوامل التحلل والتفتت فيبقى بعد تكسير الصخور النارية الحاوية له ويكون الرواء . رملية الكوارتزية . وكذلك يوجد المعدن في الصخور التحولة مثل الشست والتيس وكذلك معظم الصخر المعروف باسم الكوارتزيت . ويترسب معدن الكوارتز من المحاليل المائية الحارة ليكون المعدن الأرضي gangue الغالب فيه . محروق . أما المحاليل التي تحتوى على السليكا فإنها تتفاعل مع الصخور الجيرية لتحل محل أجزاء منها ، ويترسب منها راسب السليكا المعروفة باسم الفلت والبيرت والتي توجد في هيئة كتل مستديرة أو عدسات أو طبقات متقطعة أو مستمرة داخل الحجر الجيري . ومن المعادن التي تصاحب الكوارتز في كثير من الأحيان معادن الفلخبار والمسكوفيت . ويوجد الكوارتز بكميات كبيرة مكونا رواسب الرمال على شواطئ الأنهار والبحار وكذلك رواسب التربة soil

يوجد البلور الصخري rock crystal منشراً في كثير من البقاع ، أهمها جبال الألب والبرازيل وجزيرة مدغشقر واليابان . أما الاميشت فيوجد في جبال الأورال في روسيا وتشيكوسلوفاكيا والبرازيل ، وفي بعض ولايات أمريكا أما الكوارتز المدخن فتوجد بلورات كبيرة منه في سويسرا وفي ولايات كولورادو وشمال كارولينا ومين Maine بأمريكا . أما الاجيت فيوجد في

جنوب البرازيل وشمال أوروبا وألمانيا وبعض ولايات أمريكا.

تستعمل الأنواع الملونة من الكوارتز مثل الاملست والكوارتز الوردى وعين الهر وعين النمر والاجيت والاونيكس... الخ فى أحجار الوينة. أما البلور الصخرى فيستعمل فى صناعة الأجهزة البصرية والكهربائية ، ويستورد معظم الكوارتز اللازم لتلك الصناعات من البرازيل ، بينما تستعمل الرمال الكوارتز فى صناعة الأسمنت والزجاج ومواد الصنفرة والطوب الزجاجي، أما مسحوق الكوارتز فإنه يستعمل فى صناعة الخزف والطلاء وورق الصنفرة وصناعات أخرى ، فى حين تستخدم الأحجار الرملية والكوارتزيت فى أغراض البناء ورصف الطرق .

أشكال أخرى بلورية متعددة لثاني أكسيد السليكون :

يوجد ثلث أكسيد السليكون فى أشكال بلورية أخرى غير النوعين الثلاثى (العام) والسداسى ، هى :

- (١) التريديميت Tridymite ، ويوجد إما فى بلورات معينة قائمة (منخفضة الحرارة) أو سداسية (مرتفعة الحرارة) .
- (٢) الكريستوباليت Cristobalite ، ويوجد إما فى بلورات رباعية (منخفضة الحرارة) أو مكعبة (مرتفعة الحرارة) .

تريديميت (SiO_2)

يقبلور معدن تريديميت فى فصيلة المعنى القائم ولكنه يوجد فى شكل سداسى كاذب عقب التريديميت المرتفع الحرارة (سداسى التبلور). يتبلور المعدن بين درجتى حرارة 870°C ، 1470°C حيث يعطى بلورات ثابتة ، البلورات صغيرة ومغطىها توأمية . الصلادة = ٧ . الوزن النوعى = ٢.٢٦ . البريق زجاجي شفاف أو أبيض اللون . لا ينصهر . يذوب فى كربونات الصوديوم التى تغلى . أكثر ذوبانا فى حامض الهيدرو فلوريك من الكوارتز ، لا يمكن تمييز المعدن بواسطة العين المجردة ، ولكن بحسب استهلاك الميكروسكوب وتعيين الشكل البلوزى ومعامل الانكسار الذين يفرقان المعدن عن بقية المعادن السيليكية .

يوجد المعدن بكميات كبيرة في أنواع خاصة من الصخور البركانية السيليكية وعادة يصاحب معدن الكريستوباليت .

كريستوباليت (SiO_2)

يتبلور معدن كريستوباليت في فصيلة الرباعي (مكعب كاذب). أما الشكل المرتفع الحرارة فإنه يتبلور في فصيلة المكعب الذي غالبا يتحول إلى النوع للنخفاض الحرارة (الرباعي) ولكن دون أن يتغير الشكل البلورى الخارجى .
الصلادة = ٧ . الوزن النوعى = ٢.٣٠ . البريق زجاجى . شفاف لالون له . ثابت (مستقر stable) فقط فوق درجة ١٤٧٠ م° . لا ينصهر .

يوجد المعدن في الفجوات الصغيرة في الصخور البركانية السيليكية في هيئة مجموعات كروية . لا يمكن تمييز المعدن إلا بالاختبارات البصرية بواسطة الميكروسكوب المستقطب . يتواجد المعدن مع التريديميت .

أوبال ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)

المعدن غير متبلور (Amorphous) ، يوجد عادة في هيئة عنقودية أو استلاكتيتية . الصلادة = ٥ - ٦ . الوزن النوعى = ١.٩ - ٢.٢ .
المكسر مخارى . البريق زجاجى ، وقد يكون صمغى في بعض الأحيان . عدم اللون أو أبيض ، أو ذو ألوان يشوبها أصفرار خفيف ، أو احمرار ، أو بنى أو خضرة ، أو رمادية ، أو زرقاء خفيفة . وقد تكون هذه الألوان داكنة نتيجة لوجود بعض الشوائب . يكون للمعدن عادة خاصية الأوبال (الآلالة) (Opalescence) حيث يبدى عرضاً راتماً للألوان . شفاف أو نصف شفاف .

التركيب الكيميائى : ثنائى أكسيد السليكون . مثل الكوارتز ، ولكنه يحتوى على نسبة متغيرة من الماء ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) . يسمو الأوبال عن أنواع الكوارتز الخفية المتبلور بصلادته ووزنه النوعى الأقل وكذلك بوجود الماء .

توجد أنواع عدة من الأوبال نذكر منها : الأوبال الثمين : لونه أبيض أو أزرق أو أصفر ، وفي بعض العينات ذو لون أسود . نصف شفاف ويبدى عرضاً للألوان . الأوبال النارى عبارة عن أحد الأنواع الثمينة التى تبدى

انعكاسات حمراء أو برتقالية اللون عالية الكثافة . الأوبال العادي : لونه
 أبيض أو أصفر أو أخضر أو أحمر ، وليس له خاصية عرض الألوان .
 هاليت : أوبال شفاف رائق (مثل الزجاج) ذو سطح كروي أو عنقودي .
 جيزيريت أو سترسيليكى (siliceous sinter) : نوع من الأوبال يترسب
 حول الينابيع الحارة المتفجرة المعروفة باسم جيزر (Geysar) . الأوبال
 الخشبى : أشجار متحجرة بواسطة مادة الأوبال . دياتوميت : رواسب دقيقة
 الحبيبات ، تشبه الطباشير في مظهرها ، تتكون نتيجة لتراكم الجدران السيليكية
 المكونة لخلايا نبات الدياتوم (نبات طحلى دقيق) على قاع البحر بعد موته ،
 ويعرف كذلك باسم التراب الدياتومى Diatomaceous earth .
 يوجد الأوبال فى الطبيعة مبطنا أو مائلا للفجوات فى الصخور النارية
 البركانية حيث ترسب المعدن نتيجة لنشاط المياه الحارة . وقد يمل الأوبال محل
 الخشب المغطى بالتوفا البركانية . كما يترسب للمعدن من الينابيع الحارة ، ويوجد
 فى طبقات رسوبية كثيفة لتراكمها كل حيوانات بحرية مجهرية . والنوع
 العادى من الأوبال شائع الوجود فى الطبيعة . يوجد الأوبال الثمين فى المجر
 والمكسيك وهندوراس ومناطق متعددة بأستراليا . ويوجد الدياتوميت فى
 مصر بالقرب من الفيوم .

يستعمل الأوبال كحجر كريم ، بعضها غالى الثمن جداً . أما التراب الدياتومى
 فيستخدم بكميات كبيرة فى مواد التجليخ والصنفرة وكذلك فى الترشيع والمواد
 المائلة (filler) وفى المنتجات العازلة .

كوبريت (Cu₂O)

يتأور المعدن فى فصيلة المكعب ، نظام سداسى الثمانى الأوجه ، يوجد عادة
 فى هيئة مكعبات عليها أشكال ثمانى الأوجه والاثنى عشر وجهاً معينا وقد يوجد
 فى هيئة بلورات شعيرية (Capillary) ، كذلك يوجد المعدن فى هيئة مجموعات
 دقيقة الحبيبات أو كتل . الصلادة = ٣.٥ - ٤ . الوزن النوعى = ٦.٩ .
 اللون أحمر . الخدش أحمر بى .

يعتبر المعدن من الخامات الثانوية الهامة للنحاس . يوجد المعدن فى

الاجزاء العليا الاكسيدية من عروق النحاس حيث يصاحب معادن الليمونيت ومعادن النحاس الثانوية الاخرى مثل النحاس العنصري والملايك والاروريت والكريزوكولا . يستغل المعدن كخام للنحاس .

زنكيت (ZnO)

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي ، نظام المحرم السداسي المزدوج . البلورات نادرة وتقلب الاشكال الكتلية ذات المظهر الصفائحي أو الحبيبي ، الصلادة = ٤ - ٥ . الوزن النوعي = ٥.٦ . الانقسام منشوري واضح { ١٠١ } : انقسام قاعدي . البريق نصف ماسي إلى زجاجي . الخدش أصفر برتقالي . نصف شفاف .

يوجد المعدن بكميات كبيرة في منطقتي فرانكلين وسترينج بولاية نيو جيرسي بأمريكا في الصخور الجيرية المتحولة حيث يتواجد مع معادن فرانكلينيت ورودونيت (سليكات المنجنيز) ، وليميت ، سفاليديت ، رودوكروزيت (كربونات المنجنيز) ، كالسيت . يوجد المعدن بكميات صغيرة في مناطق أخرى .

كورانديوم (Al₂O₃)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام المثلثات الوجية الثلاثية المودوجة Ditrigonal scalenohedral . البلورات عادة منشورية متتية بأهرامات . يوجد عادة في هيئة كحل ذات مستويات انفصال متعامدة تقريبا . الحبيبات دقيقة أو خشنة .

الصلادة = ٩ (قبل الالماس في جدول الصلادة) . الكورانديوم قد يتحلل على السطح ليعطي معدن الميكا الأقل صلادة ولذلك يجب ملاحظة تعيين الصلادة على سطح حديث . الوزن النوعي = ٤.٠٢ . يوجد انفصال قاعدي { ١٠٠ } ونيز { ١٠١ } . البريق ماسي إلى زجاجي ، شفاف إلى نصف شفاف اللون متغير قد يكون مائلا إلى البنّي أو الأحمر أو الأزرق أو الأبيض أو الرمادي أو أحمر ياقوتي أو أزرق .

التركيب الكيميائي : (Al_2O_3) الألومنيوم = ٥٢,٩ ٪ ، الأكسجين = ٤٧,١ ٪ . غير قابل للانصهار أو الذوبان . يتميز المعدن بصلادته العالية وبريقه العالي ووزنه النوعي العالي ووجود الانفصال .

توجد عدة أنواع من الكوراندوم أهمها :

الياقوت : Ruby : وهو عبارة عن النوع الشفاف ذي اللون الأحمر القاتم وهو من الأحجار الكريمة الثمالية .

السافير : Sapphire : وهو عبارة عن النوع الشفاف الأزرق وهو من الأحجار الكريمة الثمالية أيضاً . وتوجد أنواع منه قد تكون صفراء أو خضراء أو بنفسجية .

الكوراندوم العادي : ويشمل البلورات والكتل المتماصة ذات البريق المعتم والألوان غير المنتظمة .

أما الإميري : Emery فهو اسم المخلوط المكون من الكوراندوم والماجنتيت والهجائيت .

يوجد الكوراندوم ك معدن إضافي في الصخور المتحولة مثل الحجر الجيري المتأثر والشت والنيس . وكذلك في الصخور النارية قليلة السيليكات مثل السيانيت ونيغلين سيانيت ، وفي بعض السدود النارية القاعدية . ويوجد المعدن كذلك في الرمال والرواسب المنقولة حيث يوجد المعدن في هيئة بلورات أو حبيبات مستديرة بقيت نتيجة لصلادة المعدن ومقاومة التحلل . ويصاحب المعدن الكالكوريت والميكا والأوليفين والسربنتين والماجنتيت وسيلينيل وكيانيت ودياسور .

يوجد الياقوت في بورما وتايلاند وسريلانكا وفي رواسب التربة الناتجة من ذوبان الصخور الجيرية المتحولة . ويوجد السافير مصاحباً للياقوت في تايلاند وسريلانكا وكشمير ومنطقة كوينزلاند بأستراليا وفي ولاية مونتانا بأمريكا . أما الكوراندوم العادي فهو منتشر في صخور السيانيت في مناطق مختلفة بالولايات المتحدة الأمريكية وكندا وروسيا ومدغشقر والهند وجنوب أفريقيا ، أما الإميري

فيوجد يعض جُور اليونان وفي تركيا وبعض ولايات أمريكا . ويتج
الياقوت والسافير الآن بطرق صناعية ويصعب التفرقة بين المعدن الطبيعي
والصناعي بالعين المجردة .

يستعمل الياقوت والسافير كأحجار كريمة . أما الكوراندوم فيستعمل في
مواد الصنفرة وكذلك يستعمل الأيمري .

هيماتيت (Fe_2O_3)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام المثلثات الوجية الثلاثي المودوج .
البورات عادة مسطحة رقيقة أو سميك ، وقد تكون الصفائح الرقيقة متجمعة
في هيئة وردة (الورد الحديدي Iron roses) . يوجد المعدن عادة في هيئة
ترايبية وكذلك في هيئة عنقودية أو كلوية ذات بلورات شعاعية . الحام السكوى
Kidney ore . وكذلك يوجد المعدن في هيئة صفائحية أو ميكائية Specular أو
بطروخية . ويعرف المعدن باسم مارتيت Martite إذا وجد في هيئة ثنائي الأوجه
الكاذب عقب للماجنتيت .

الصلادة = ٥.٥ - ٦.٥ . الوزن النوعي = ٥.٢٦ (للبورات) . توجد
مستويات الانفصال القاعدية والميئية الأوجه تقريباً متعامدة . الرقيق فلوى في
الأنواع المتبلورة ومطفي في الأنواع الترايبية . اللون بني مائل للأحمر إلى أسود .
يعرف النوع الترابي الأحمر باسم المغرة الحمراء Red ochre . المحدش أحمر
فاتح أو داكن يتحول إلى أسود بالتسخين . معتم إلى نصف شفاف .

التركيب الكيميائي : أكسيد الحديد (Fe_2O_3) . الحديد = ٧٠٪ ،
الأكسجين = ٣٠٪ قد يحتوي المعدن على التيتانيوم والمنغنسيوم فيتحول بذلك
إلى معدن إلميت .

لا ينصهر . يكتسب مغناطيسية قوية عند تسخينه في اللهب المختزل . يذوب
يسهل في حامض الهيدروكلوريك ، يعطى المحلول مع حديد وسيانيد البوتاسيوم
راسبا أزرقا داكنا (اختبار الحديدك) . يتميز المعدن بلون محدشه الأحمر

الهندي Indian red .

معدن الهيماتيت من المعادن الشائعة في الصخور وفي جميع العصور الجيولوجية ويعتبر أكثر خامات الحديد انتشاراً . فقد يوجد المعدن مترسباً حول فوهات البراكين كما يوجد في الصخور المتحولة بالحرارة ، وكذلك كمعدن إضافي في الصخور النارية الحمضية مثل الجرانيت . كذلك قد يعمل عمل الصخور السيليكية (الفنية بالسليكا) كذلك يوجد في الصخور المتحولة الإقليمية (بالضغط والحرارة) . وقد تكون رواسب كبيرة من الهيماتيت نتيجة لتحلل الصخور الحاوية للحديد . وتوجد هذه الرواسب في هيئة كتل غير منتظمة أو طبقات ، مثلها في ذلك مثل الليمونيت . وقد توجد هذه الرواسب في هيئة بطروخية كما في رواسب الحديد بأسوان . أما الصخور الرملية الحديدية فيوجد الهيماتيت فيها مكوناً للمادة اللاصقة للحبيبات الكوارتزية .

أهم المناطق التي توجد فيها بلورات الهيماتيت هي جزيرة Elba وسويسرا ، وفي الفحم حول بركان فيزوف وفي كمبرلاند بإنجلترا ولولايات ميشيجان وويجكونسن ومينيسوتا حول بحيرة سوويريور بالولايات المتحدة الأمريكية ، وفي هذه الولايات تتكون هذه الرواسب المتبلورة جزءاً كبيراً من الفحم . وكذلك يوجد الفحم بكميات كبيرة في فينيزيلا والبرازيل وكندا . وفي مصر يوجد المعدن في رواسب بطروخية لونها أحمر داكن بمنطقة أسوان وتتراوح نسبة الهيماتيت بالفحم ما بين ٥٤.٨ ٪ ، ٨٨.١ ٪ ، وتبلغ هذه الرواسب العصر الكريتاوي . وكذلك توجد رواسب كبيرة من الهيماتيت المختلط مع أكاسيد الحديد المتشعبة (مثل الجوتيت — والتي تعرف في مجموعها باسم ليمونيت) في الواحات البحرية وهذه الرواسب توجد في صخور الأيوسين . أما في وادي كريمة (٤٢ كيلو متراً شرق القصير) فتوجد رواسب الحديد التابعة لحقب البريكامبري Precambrian في صخور متحولة حيث يتواجد الهيماتيت مع الماجنتيت بصفة أساسية ويختلط مع الجاسبر . وهناك نوع ثالث من رواسب الهيماتيت حيث يوجد النوع الصفائحى من الهيماتيت والمعروف باسم سبيكولاريت Specularite مع الكوارتز في العروق المائية الحارة الغاطئة لصخور نارية حمضية أو متوسطة . ومن أمثلة هذه المناطق وادي أبو جريدة بالصعيد الشرقية (الجزء الشمالى) وجبل أبو مسعود بسيناء . وهناك نوع رابع

من رواسب الهيماتيت وأكسيد الحديد مختلطة مع أكسيد المنجنيز وكلها تسمى بالإحلال محل الصخور الجيرية الدولوميتية . ومعظم هذه الأكاسيد الحديدية من النوع الأخير توجد في هيئة ترابية تعرف باسم المغرة الحمراء .

يعتبر معدن الهيماتيت أم خام للحديد . كذلك يستعمل المعدن في عمل البويات (المغرة الحمراء) وفي عمل مسحوق الصقل . الاسم مشتق من كلمة يونانية معناها د الهلم ، بالنسبة إلى مشابهة لون مسحوق المعدن للدم .

إلمينيت (FeTiO_3)

يتلور المعدن في فصيلة الثلاثي : نظام معنى الأوجه . البلورات غالباً مسطحة سميك . التوابل البلورية متقاربة مع تلك في الهيماتيت . يوجد المعدن عادة في هيئة صفائح وكذلك كتل متساكة أو حبيبات سائبة كالرمل .

الصلادة = ٥ هـ — ٦ . الوزن النوعي = ٤.٧٥ . البريق فلزي أو نصف فلزي . اللون أسود حديدي . الخشن أسود أو أسود بني . معتم . المعدن قليل المغناطيسية ، ولكن هذه الخاصية تزداد بالتسخين .

التركيب الكيميائي : أكسيد الحديدوز والتيتانيوم FeTiO_3 . الحديد = ٣٦.٨ ٪ ، التيتانيوم = ٣١.٦ ، الأكسجين ٣١.٦ ٪ . قد يحل المنغنسيوم أو المنجنيز محل بعض الحديد . قد يحتوي المعدن على بلورات رقيقة من الهيماتيت

لا يتصهر . يتفطس المعدن بالتسخين . ينصهر مخلوط المسحوق السامع للمعدن مع كربونات الصوديوم في الهب المختزل ليعطي كتلة مغناطيسية . يذوب المعدن — بعد انصهاره مع كربونات الصوديوم — في حامض الكبريتيك ويتحول هذا المحلول إذا أضيف إليه فوق أكسيد الأيدروجين إلى لون أصفر .

يشبه الإلمينيت عن الهيماتيت بمخندشة وجن الماجنتيت بصف مغناطيسيته ، ولكن إذا وجد المعدن متداخلاً بلورياً مع الماجنتيت فيجب الاتجاه إلى الاختبارات الكيماوية للتمييز بين الإثنين .

يوجد المعدن كطبقات وأجسام عدسية الشكل في الصخور المتحولة للبلورة والنيس ، وكذلك كثيراً ما يوجد للمعدن في العروق والأجسام المنفصلة من الجبال القاعدية حيث يتواجد المعدن مع الماجنتيت ، كذلك يوجد الالينيت كمعدن إضافي في الصخور النارية . وكذلك يوجد معدن المعادن المكونة لرواسب التجمعات في الرمال السوداء مع معادن الماجنتيت والروتيل والوركون والمونازيت .

يوجد المعدن بكميات كبيرة في الزرويج وفي الاتحاد السوفيتي (جبال إلين) وفي منطقة الأديرونداك بشرق الولايات المتحدة الأمريكية وفي منطقة كوبيك بكندا . في مصر يوجد المعدن في منطقتي سخاطة وأبو غلفة بالصحراء الشرقية الجنوبية حيث يوجد المعدن كهدسات وصفوف في الصخور المتحولة والقاعدية التابعة لحقب البريكامبري . كذلك يوجد المعدن في الرمال السوداء الموجودة على شاطئ البحر المتوسط . ويكون المعدن حوالي ٤٧٪ من كمية المعادن المكونة للرمال الأسود .

يستعمل الالينيت كمصدر لتيتانيوم . ويستعمل أكسيد التيتانيوم الآن بكميات كبيرة في صناعة البويات محل البويات القديمة التي كانت تستعمل فيها مركبات الرصاص .

كاسيتريت (SnO_2)

يشلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المنعكس الرباعي المزدوج . الأشكال البلورية الشائعة هي المنشورات والأهرامات المنعكسة من الرتبة الأولى والثانية : ويكثر وجود البلورات التوأمية في شكل الكوع Elbow-shaped . يوجد عادة في هيئة كتلية حبيبية ، وكذلك في هيئة مجموعات كولية ذات بلورات لبرية شعاعية .

الصلادة = ٦ - ٧ ، الوزن النوعي = ٦.٧ - ٧.١ (عالية بالنسبة لمعدن ذي بريق لافلوي) ، البريق مامى إلى نصف فلزي أو معتم . اللون عادة بني أو أسود ويندر أن يكون أصفراً أو أبيضاً . الخدش أبيض . نصف شفاف . التركيب الكيميائي : ثاني أكسيد القصدير ، SnO_2 ، القصدير = ٧٨.٦٪ الأكسجين = ٢١.٤٪ قد يوجد بالمعدن كيات صغيرة من الحديد .

لا ينصهر المعدن . يعطى المعدن المطحون عند صهره على مكعب الفجج مع مادة مخفزة كرات صغيرة من القصدير ذات طبقة رقيقة من أكسيد القصدير الأبيض . وإذا وضعت قطع من المعدن في حامض الهيدروكلوريك المخفف مع قليل من فلو الأونك فإن سطح الكاسيتريت يتحول وتتفطى التقطع بطبقة رقيقة من فلو القصدير لونها زمادى ولكنها تصبح ناعمة البريق عند تلميعها . يتميز المعدن بوزنه النوعى العالى وبريقة الالامى ومخدشه الأبيض .

معدن الكاسيتريت من المعادن المنتشرة بكميات صغيرة فى أماكن كثيرة ولكن الأماكن المنتجة للمعدن بكميات تجارية قليلة . ويوجد الكاسيتريت كمعدن أصلى فى صخور الجرانيت والبيجمايت وكميات أكثر فى عروق السكوارتز القاطعة أو التريية من الجرانيت . وتحتوى عروق القصدير على معادن الثورمالين والتوباز والفلوريت والأباتيت (تحتوى هذه المعادن على الفلورين واليورون) ، أما صخور الحائط wall rock (الصخور التى تحيط بالعروق) فإنها تبدو عادة متحللة كثيرا . ومن المعادن التى توجد مع الكاسيتريت معدن ولفراميت (تنجستات الحديد والمنجنيز) . وكذلك يوجد الكاسيتريت فى هيئة خبثات مستديرة فى الرواسب النهرية ورواسب التجمعات .

يحمل العالم على معظم القصدير اللازم له من دول الملايو وبوليفيا وأندونيسيا وزائير وغانا . وفى مصر توجد عروق المعدن فى مناطق أبو دياب والعجالة والمولىمة والتويمة ووزقة النعام بالصحراء الشرقية الجنوبية . ويصاحب الكاسيتريت فى هذه المناطق الولفراميت والفلوريت والتوباز . وكذلك يوجد المعدن فى الرواسب الطينية والرملية فى الوديان المنتشرة بمناطق أبو دياب والعجالة والتويمة وقد تكونت هذه الرواسب فى العصور الحديثة نتيجة تآثرية الصخور القديمة (ما قبل الكمبرى) الحامية للكاسيتريت ونقلها إلى أماكنها الحالية فى الوديان بواسطة السيول حيث ترسب الكاسيتريت بالقرب من مصدره نتيجة لثقله

يستعمل المعدن كخام لفار القصدير الذى يستعمل فى أغراض صناعية كثيرة منها صناعة الصفيح والسيالك (مثل البرونز) .

روتيل (TiO_2)

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المتعكس الرباعي المودوج .
البلورات المنشورية المنتهية بأهرامات منعكسة شائمة . توجد التوائم الكعوية .
توجد البلورات عادة في هيئة إبرية ، وكذلك قد يوجد المعدن في هيئة كتلية
منخفضة . الصلادة = ٦ - ٦.٥ . اللون النوعي = ٤.١٨ - ٤.٢٥ . البريق
اللامسي إلى نصف فلوي ، عادة نصف شفاف . اللون أحمر أو بني أو أسود .
المخدش بني باهت .

يوجد الروتيل كمعدن إضافي في صخور الجرانيت والبجائيت الجرانيتي
والثيس والشست الميكائي والخيزر الجيري المتبلور والبولوميت . وقد يوجد
المعدن أيضاً في عروق الكوارتز كبلورات إبرية متداخلة في الكوارتز ، كما
يوجد المعدن بكميات لا بأس بها في الرمال السوداء مختلطة مع معادن الماجنتيت
والزركون والمونازيت والالمنيت .

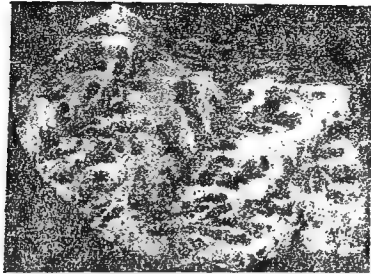
يوجد في التروبيج وفرنسا وسويسرا والتيرول وفي بعض ولايات أمريكا
وفي مصر يوجد الروتيل ، بجانب انتشاره في الصخور النارية الحضية والمتحولة ،
في الرمال السوداء على ساحل البحر المتوسط .

يستعمل المعدن كخام لفلز التيتانيوم الذي يستعمل في أغراض صناعية
كثيرة (أنظر معدن المينيت ، صفحة ٢٩٤ ، ٢٩٥) .

بيروالوسيت (MnO_2)

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المتعكس الرباعي المودوج
يندر وجوده في بلورات كاملة . كثير من البلورات عبارة عن أشكال كاذبة
عقب الماجنايت . يوجد عادة في هيئة كتلية حبيبية أو كلبية أو شجرية ،
شكل (١٩٣) .

الصلادة = ١ - ٢ (يترك أثراً أسوداً على الأصابع) أما النوع المتبلور



شكل (١٩٣) بيرلوسيت في مجموعات شجرية

الحشن (بولانيت) فصلاده من ٦ - ٠٦٥ الوزن النوعي = ٧,٧٥ البريق
فلزي . اللون والمخدش أ-ود حديدى . معتم .

التركيب الكيميائى : MnO_2 . المتجنيز = ٦٣,٢٢ ٪ ، الأكسجين =
٣٦,٨ ٪ . يحتوى عادة على قليل من الماء . لا ينصهر . تلون كمية صغيرة من
مسحوق المعدن خرزة البوراكس بلون بنفسجى أحمر فى اللب المؤكسد وتلون
خرزة كربونات الصوديوم بلون أخضر . إذا سخن فى الأنبوبة المغفولة فإنه
يعطى الأكسجين الذى يجعل شظية دقيقة من الفحم تتوهج وتحترق عند وضعها
فوق المعدن وتسخنها . ويعطى المعدن غاز الكلور مع حامض الهيدروكلوريك
يتميز المعدن عن غيره من معادن المتجنيز بمخدشه الأسود وصلادته المنخفضة
واحتوائه على كمية صغيرة من الماء .

البيرلوسيت من المعادن الثانوية ويتكون من إذابة المتجنيز من الصخور
المتبلورة حيث يوجد العنصر بكميات صغيرة ، ثم ترسيبه مرة ثانية فى هيئة معادن
مختلفة أهمها البيرلوسيت ، وتوجد المجموعات الشجرية ، شكل (١٩٣) ، من المعدن
عادة على الأسطح المكسورة الحصى والقطع الصخرية الكبيرة . كما توجد طبقات
وعسات من خامات المتجنيز فى الصخور الطينية المتبقية والناجمة من تحلل الصخور

الجيرية المنجنيزية . ويعتقد أن أكاسيد المنجنيز كانت في الأصل في حالة غروية ثم تبلورت عقب ترسيبها . وكذلك يوجد المعدن في عروق الكوارتز والمعادن الغلوية الأخرى .

والبيروكسيت هو أكثر خامات المنجنيز انتشاراً . وأم الدول المنتجة للمنجنيز هي روسيا وغانا والهند واتحاد جنوب أفريقيا والمغرب والبرازيل وكوبا وبعض ولايات أمريكا . وفي مصر توجد خامات المنجنيز بكميات كبيرة في شبه جزيرة سيناء بالقرب من خط عرض ٢٩° شمالاً والمناطق المحيطة به . كذلك توجد الخامات في مناطق متفرقة بالصعراء الشرقية بالقرب من ساحل البحر الأحمر جنوب القصير ، وخصوصاً في وادي معالتق وجبل علبة (بالقرب من حلايب في أقصى الجنوب) وجميع هذه الرواسب تابعة لمصر الميوسين . وفي شبه جزيرة سيناء يوجد الخام في هيئة عدسات وصفوف عدسية الشكل يتراوح سمكها من ١ إلى ٥ أمتار في الصخور الجيرية الدولوميتية ، وميناء التصدير لهذه الخامات هو أبو زعينة على الضفة الشرقية لخليج السويس ، وأم المناطق التعدينية هي أم بجما . أما في الصعراء الشرقية فتوجد رواسب خام المنجنيز مع الهيماتيت والكالسيت في هيئة عروق مائلة للفقوق والفواصل وفي بعض الأحيان تحمل هذه الرواسب عمل الكونجولوميرات والحصى الجيري .

والبيروكسيت أم خام لمنظر المنجنيز الذي يستعمل في صناعة الصلب وسبائك النحاس والزنك والألومنيوم . الخ . ويستخدم المعدن نفسه كإداة مؤكسدة في صناعة الكلورين والبرومين والأكسجين ، وفي إزالة الألوان من الزجاج وفي صناعة البطاريات الكهربائية . ويستخدم المنجنيز كإداة ملونة في صناعة الطوب والفلنخار والزجاج .

كولومبيت [(Fe, Mn) (Nb, Ta) O₆]

يتبلور المعدن في فصيلة الميكني القائم ، نظام الهرم المنعكس . يوجد عادة في هيئة بلورات منشورية قصيرة أو مسطحة رقيقة .

الصلادة = ٠٦ . الوزن النوعي = ٥,٢ - ٧,٩ ، تزيد بازدياد نسبة أكسيد التانتالوم . الانقسام موازى للمسطوح الجانبي { ١٠٠ } { البريق نصف

فلوى . اللون أسود حديدى . المخدش أحمر داكن إلى أسود .

يوجد الكولومبيت فى صخور الجرانيت والبعثات حيث يصاحب معاون الكوارتز والفلسبار والميكا والتورمالين والبيدول وسيدرومين وكاسيتريت وسمارسكيت وولفراميت وميكروليت ومونازيت . وأهم مناطق وجوده هى الساحل الغربى لجزر فلاند والنرويج وباكافيا وروسيا (جبال إلين) وغرب استراليا ومدغشقر . ولم يعثر على الكولومبيت بمصر بكيات اقتصادية حتى الآن .

يعتبر الكولومبيت من المعادن الاستراتيجية فى الوقت الحاضر حيث يستعمل كمصدر هام لعنصرى التيتانيوم والتانتالوم اللذين يستخدمان فى صناعة سبائك الصلب . إلى تستعمل فى العناثرات النفاثة والأجهزة السريعة الحركة والصواريخ . ويستعمل العنصران أيضاً فى الأجهزة الكيميائية والطبية (قطع الفيار فى جراحة العظام ، والمسامات الإلكترونية) . ومن خواص هذين العنصرين قوة مقارنتها لتآكل الحمض .

يورانيينيت (UO₂)

ينبأ المعدن فى فصيلة المكعب . البلورات فى هيئة ثمانية الأوجه ولكنها على العموم نادرة . يوجد الأكسيد فى هيئة كتلية أو عنقودية مجهرية أو خفية البلورات تعرف باسم بيتشبلند Pitchblende

الصلادة = ٥ هـ . الوزن النوعى = ٩ - ٩.٧ (عال ومعيز) ، أما البيتشبلند فيتراوح من ٦ هـ إلى ٨ هـ . البريق نصف فلوى إلى ما يشبه القار أو معتم . اللون أسود . المخدش أسود بى .

التركيب الكيميائى : (UO₂) . ويوجد المعدن دائماً متأكسداً تأكسداً جزئياً والتركيب الكيميائى الحقيقى يقع بين UO₂ ، U₃O₈ . وعلمية الأكسدة هذه تم تلقيبها وتعرف باسم الأكسدة التلقائية Auto oxidation . ويظهر التحليل الكيميائى للمعدن وجود كميات بسيطة من الرصاص والعناصر النادرة راديوم ، ثوريوم ، إيتريوم ، نيتروجين ، هليوم ، أرجون . ويتبع الرصاص من التفتت الإشعاعى لليرانيوم وغلظ الإشعاعات المختلفة المعروفة باسم إشعاعات

الفلويتا وجاما . وخاصة الاشعاع النرى من الخواص المميزة لعناصر اليورانيوم والثوريوم والراديوم . ويوجد بالمعدن نظائر (isotopes) الرصاص Pb^{206} الناتج من تفتت U^{238} ، Pb^{207} الناتج من تفتت U^{235} وينطلق مع هذه النواتج يونات الهيليوم (جسيمات ألفا) والالكترونات (جسيمات بيتا) . ويوجد الهيليوم دائما في اليورانييت . ولما كانت عملية التفتت الاشعاعى تسير بسرعة منتظمة معروفة فإنه يمكن استخدام تجمعات الهيليوم والرصاص الناتجة في معرفة الزمن الذى مضى منذ تكون معدن اليورانييت . وأول اكتشاف لعنصر الهيليوم على الارض كان في معدن اليورانييت ، وكان قد لوحظ وجوده من قبل في طيف الشمس ، وكذلك اكتشف الراديوم في هذا المعدن .

يكشف عن المعدن وكذلك جميع المعادن التى تحتوى على عناصر مشعة بواسطةعدادات جيجر - مولر وغرف التأين ، والاجهزة المائلة التى تتأثر بالاشعاعات الصادرة . يسمو المعدن بـ (pitchblende) ووزنه النوعى العالى ولونه ومعدنه .

يوجد اليورانييت كمعدن أولى في الصخور الجرانيتية والبقايتية . أما البتسلند فإنه يوجد في المروق المائية الحارة . واليورانييت والبتسلند من أهم خامات اليورانيوم . واليورانيوم هو المادة الاساسية في إنتاج الطاقة النورية في الوقت الحاضر ، كما يستخلص الراديوم من هذا المعدن . والدول المنتجة لهذه المعدنين بكميات كبيرة في الوقت الحاضر هي زائير ، وكندا (بحيرة العذب الاكبر في الاطراف الشمالية) وتشيكوسلوفاكيا (براخيمستال) .

سفينيل ($MgAl_2O_4$)

يتألف المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسى الثلاثى الأوجه ، بمادة في بلورات ثمانية الأوجه . الصلادة = ٨ - الوزن النوعى = ٣.٥ - ٤.٥ حسب التركيب الكيميائى ، وفى حالة التركيب الكيميائى المبنى بمالية يساوى الوزن النوعى ٣.٥ . البريق لافاوى زجاجى . اللون متغير : أبيض . أحمر لاوند ، أزرق ، بنى ، أسود . المتخش أبيض . نصف شفاف ، وقد يكون شفافا .

سيفيل من المادان الشائعة في الصخور المحورة حيث يوجد المعدن في الصخور الجيرية المتبلورة والنيس والبرقتين . ويوجد كذلك كمعدن إضافي في كثير من الصخور النارية القاعدية . ويتكون المعدن عادة نتيجة للتحويل الحرارى حيث يتواجد المعدن مع معادن فلووجويت (ميكامقيسية) ، بيرويت جرافيت ، النخ . ويوجد حبيبل أيضاً كحبيبات مستديرة في الرمال النهرية حيث قاوم المعدن - نتيجة لحراصة الفيولانية - العوامل التحليلية والتفتتية . وتوجد معادن سينبل الياقوتية بهذه الطريقة حيث تصاحب الأحجار الكريمة من أنواع الكوراندوم في رمالا سيلانكا وتايلاند وبورما ومدغشقر . تستعمل الأنواع الشفافة من المعدن كحجر كريم في صناعة المجوهرات ، ولكن مثل هذه الأحجار ليست مرتفعة الأسعار نسبياً . ويصنع المعدن بطريقة كيميائية حيث تستعمل الأنواع الشفافة (لا يفرق الصناعى عن الطيى من ناحية الجمال) في المجوهرات ، أما النوع العادى فيستعمل في صناعة الحرارية Refractories .

ماجنتيت ($FeFe_2O_4$)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسى الثمانى الأوجه ، عادة في هيئة بلورات لثمانية الأوجه . كذلك يوجد المعدن عادة في هيئة كتلية خشنة أو دقيقة الحبيبات .

الصلادة = ٦ . الوزن النوعى = ٥.١٨ . البريق فلزى . اللون أسود حديدى . المخدش أسود . ذو مغناطيسية قوية ، وقد يعمل كمغناطيس طيى . ويعرف في هذه الحالة باسم لودستون Lodestone أو حجر المغناطيس . معتم .

التركيب الكيميائى Fe_2O_3 أو $FeFe_2O_4$. الحديد = ٧٢.٤ ٪ الأكسجين = ٢٧.٦ ٪ . لا ينصهر . يذوب ببطء في حامض الهيدروكلوريك ويعطى المحلول التفاعلات الخاصة بأيون الحديدوز والحديديك . يسمو المعدن بمغناطيسيته القوية ولونه الأسود وصلادته المرتفعة (٦) .

الماجنتيت من الخامات الشائعة للحديد . يوجد منتشرا كمعدن إضافي في معظم الصخور النارية وقد يوجد في بعض الأنواع منها (القاعدية) فى هيئة كتل منفصلة قد تصل إلى أحجام كبيرة وتستغل كخام للحديد ، وتحتوى مثل هذه

الكثلة عادة على عنصر التيتانيوم . وقد يوجد المعدن في الصخور المتحولة للتلبدرة والقديم حيث يوجد المعدن في هيئة عدسات أو طبقات كبيرة . كذلك يوجد المعدن في الرمال السوداء على شواطئ البحار ، كما يوجد المعدن في هيئة بلورات صفائحية أو مجموعات شجرية Dendritic متداخلة بين صفائح الميكا . ويوجد للمعدن متداخلا مع معدن الكورانديوم Al_2O_3 مكونا المادة المعروفة باسم إميري Emery .

توجد أضخم رواسب للماجنتيت في العالم في شمال السويد حيث يعتقد أنها تكونت بالانفصال من magma . وكذلك توجد رواسب هامة للمعدن في النرويج ورومانيا وجبال الأورال . أما الأنواع المغناطيسية القوية فتوجد في سيبيريا وجبال الهارز Harz وجزيرة Elba وفي منطقة بشفيلد Bushveld بالترانسفال . ويوجد المعدن كذلك في بعض الولايات الأمريكية . وفي مصر يوجد المعدن في وادي كريم متخلطا مع الهيماتيت والسليكا في طبقات ضمن الصخور المتحولة القديمة . وكذلك يوجد المعدن في الرمال السوداء عند رشيد (١٥ ٪) ودمياط والعريش . يستعمل المعدن كخام هام للحديد .

كروميت ($FeCr_2O_4$)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب . نظام سداسي الثنائي الأوجه . البلورات عادة ثمانية الأوجه ولكنها نادرة . ويوجد عادة في هيئة كتلية حبيبية أو منضغطة الصلادة = ٥.٥ . الوزن النوعي = ٤.٤٦ . البريق فلزي إلى نصف فلزي ولكنه غالبا كبريق الزيت Pitchy . اللون أسود حديدي إلى أسود بني . المحدث بني داكن . نصف شفاف .

التركيب الكيميائي : $FeCr_2O_4$. أكسيد الحديدوز = ٣٢.٥ ٪ ، أكسيد الكروميوم : ٦٨.٥ ٪ ، قد يحل المغنسيوم محل الحديدوز ، والالومنيوم والحديد يك محل الكروميوم .

الكروميت من المعادن الشائعة في صخور البيريدوتيت والسيريتين الناتجة

منها حيث أفضل الكروميت من المجما عند بدء تبلورها ، ويعتقد أن رواسبه كبيرة من الكروميت قد تكونت بهذه الطريقة . ويصاحب الكروميت معادن الأوليفين والسيريتين والكرواندوم .

وأهم الدول المنتجة للكروميت هي روسيا واتحاد جنوب إفريقيا وتركيا والفلبين وكوبا وروديسيا وألبانيا . ويوجد الكروميت في جهات متفرقة بالصحراء الشرقية المصرية أهمها منطقة البرامية ورأس السلاطيت حيث يوجد الكروميت في هيئة عدسات ضمن صخور السيريتين والشست التللكي التابعة لحقب البريكامبرى .

يستعمل المعدن كمصدر لفلز الكروميوم الذى يستعمل فى صناعة الصلب وفى : تغطية الفلوات لحفظها عند التأكل والصدأ . وتستعمل قوالب الكروميت بكميات كبيرة فى تبطين أفران صهر الفلوات وذلك لخواصها الحرارية والمتعادلة . وتتكون هذه القوالب من خام الكروميت وقار الفحم coal tar ، أوفى بعض الأحيان من الكروميت المخلوط بالكاولين والبوكسيت أو مواد أخرى . ويستخدم الكروميت أيضاً فى صناعة بعض أنواع البورات الخضراء والصفراء والبرتقالية والحمر . أما مركبات الليكرومات فإنها تستخدم فى عمليات الصباغة وديغ الجلود .

الاكاسيد المائية

سوف نصف فيما يلى الأيدروكسيدات الهامة فقط ، وهذه المعادن تكون فى المادة ذات نشأة ثانوية .

مانجانييت (MnO.OH)

يقبلور المعدن فى فصيلة الميل الواحد . نظام المنشور . البلورات معينة كاذبة . وفى العادة توجد البلورات مخططة على أسطح المنشور ، كما توجد مرتبة فى هيئة مجموعات أو حزم (bundles) . التوائم شائعة . الصلادة = ٤ . الوزن النوعى = ٤ . الانقسام كامل وموازى للسطوح الجانبى { ١٠٠ } . المعدن الحديث له بريق نصف فلزى ولون أسود حديدى ومخدش بى أحمر إلى

أسود بني . أما المعدن المتحلل فلو أنه أسود صاصي ومخدشه أسود وبريقه فلزى .
يوجد المعدن في الطبيعة مع غيره من معادن المتجنيز الألكسيدية والتي لها نفس القشاة . كما يوجد المعدن في هيئة كاذبة تحت الكالسيت ، ويتحلل المعدن بسهولة إلى البيرولوسيت . يوجد في عروق في الصخور الجرانيتية وكذلك مالتا للفجوات وحالا محل الصخور المحيطة . يحجب المعدن غالبا معادن الكالسيت والباريت . وفي مصر يوجد المعدن مختلطا مع معادن المتجنيز المختلفة في شبه جزيرة سيناء (أما بها والمناطق التي حولها) والصحراء الشرقية .

جوتيت (HFeO_3)

يتلور المعدن في فصيلة الميني القائم ، نظام الهرم المتكس . البلورات إبرية أو مسطحة كذلك يوجد في هيئة مجموعات كلوية أو استلا كيتية ذات بلورات شعاعية الصلادة = ٥ هـ . الوزن النوعي = ٤.٣٧ وقد تنخفض إلى ٣.٣ للمادة غير النقية . الانقسام كامل وموازي المسطوح الجانبي { ١٠٠ } . البريق ماسي أو معتم أو حريري في الأنواع الأليافية أو القشرية . اللون بني أصفر أو بني داكن . المخدش بني أصفر ، يتميز المعدن بمخدشه التي الأصفر . ويفرق عن الليمونيت ، بوجود انقسام فيه وبلوراته الشعاعية وخواصه البلورية . يوجد المركب $\text{OH}(\text{FeO})$ في شكل ماء ردي آخر . يسمى المعدن في هذه الحالة باسم ليبيدوكرويسيت الذي يوجد غالباً مع الجوتيت .

الجوتيت أحد المعادن الشائعة حيث يتكون المعدن في الظروف المؤكسدة نتيجة لتحلل المعادن الحاوية للحديد . كذلك يترسب المعدن مباشرة من محاليل المياه بالوسائل العضوية أو غير العضوية . ويتكون المعدن مع بقية أكاسيد الحديد المائية المعروفة باسم ليمونيت في الجزء العلوي المعرض للعوامل الجوية من العروق المعدنية ، وتعرف هذه المعادن الحديدية السطحية باسم جومان goeman أو القطاء الحديدى iron bat . ويوجد الجوتيت بكميات كبيرة ضمن رواسب اللاتيريت Laterite . وهي عبارة عن رواسب متبقية من تحلل صخور السربنتين والصخور القاعدية النارية الغنية بالحديد خصوصاً في المناطق

الاستوائية . كما يوجد الجوتيت في هيئة بلورات مكعبة (أشكال كاذبة) ناتجة عن تحلل البيريت وإحلال الجوتيت محله .

يوجد الجوتيت في منطقة الألواص والورون مسكونا الجزء الاساسى من رواسب الحديد هناك . كذلك يوجد في بعض مناطق أوروبا الوسطى وفي كورنويل بإنجلترا . وتوجد رواسب اللاتيريت بسكميات كبيرة وتحتوى على الجوتيت بصفة رئيسية في بعض مناطق كوبا . كذلك يوجد المعدن في رواسب الحديد عند بحيرة سويربور بولاية ميشيغان بأمريكا ، وكذلك في بعض الولايات الأخرى . وفي مصر يوجد الجوتيت مكونا لجزء كبير من رواسب الحديد بالواحات البحرية مختلطاً مع معدن الهيماتيت . كذلك في الواحات الخارجة في هيئة أشكال مكعبة كاذبة عقب البيريت . ويوجد المعدن كذلك مكونا لكثير من الصخور النطائية في المناطق ذات العروق المعدنية بالصحراء الشرقية . يستعمل المعدن كخا . الحديد .

ليمونيت Limonite $[\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}]$

هذه المادة ليست معدناً بمعنى الكلمة لأنها تتكون من أكثر من معدن . أى أنها مخلوط من عدة أكاسيد حديد ذات نسب متغيرة من الماء . وكذلك قد تحتوى على السليكا والطين وأكاسيد المنجنيز ومواد عضوية . وتوجد في هيئة كتلية ترابية أو كروية أو استلاكتيتية . اللون بني أصفر إلى أسود . المخدش بني أصفر . البريق زجاجى أو معتم . يوجد الليمونيت مع الجوتيت في الرواسب النطائية المعروفة باسم جوسان ، والليمونيت ذو نشأة ثانوية يستخدم الليمونيت في صناعة البويات الصفراء وكذلك كنخام الحديد .

بوكسيت (أكاسيد الألومنيوم المائية)

هذه المادة أيضاً ليست معدناً بمعنى الكلمة لأنها تتكون من عدة معادن الومينية مائية (جيبسيت Gibbsite ، بويميت Boehmite ، دياسپور Diaspore) أى أن البوكسيت فى الحقيقة عبارة عن صخر .

يوجد البوكسيت في هيئة كتلية كروية مثل جات البسلة Piolittie وكذلك فى كتل ترابية أو طينية الشكل . الصلادة من ١ - ٣ . اللون النوعى من ٢ إلى

٢. البريق معتم . اللون أبيض أو رماسى أو أصفر أو أحمر . يتميز البوكسيت بميخته السكروية الباسلاتية (مثل حبات البسلة) Pisolithio .

البوكسيت صخر ذو نشأة ثانوية ويتكون فى المناطق الإستوائية وتحت الإستوائية نتيجة لتحلل الصخور الحاموية الألومنيوم وكذلك الصخور الجيرية الحاموية للعائن . ويبدو أنه قد تكون فى الأصل فى حالة غروية .

يوجد البوكسيت ببكيات كبيرة فى إقليم بو Baux بفرنسا وغيانا الهولندية وغيانا البريطانية وأمريكا الوسطى ، وكذلك أندونيسيا وروسيا والمجر وبعض ولايات أمريكا . يستعمل البوكسيت كخام للألومنيوم ، كذلك يستعمل فى تحضير مركبات الألومنيوم ومواد الصغرة وطوب البوكسيت .

بسيلوميلين Psilomelane (أكسيد المنجنيز للآنية)

هذه المادة أيضا ليست معدنا بمعنى الكلمة لأنها تتكون من عدة أنواع معدنية — كما ثبت ذلك بواسطة التحليل الكيمائى والأشعة السينية — وهذه الأنواع متشابهة جميعاً وكلها من أصل ثانوى وتتواجد مع معادن المنجنيز واليوميوت والباريت . الصلادة تتراوح بين ٥ ، ٦ . الوزن النوعى بين ٣,٧٢ ، ٤,٧ . البريق نصف فلزى . اللون أسود . الخدش أسود بى . معادن معتمة . يوجد البسيلوميلين فى مصر مختلطاً مع معادن المنجنيز بشبه جزيرة سيناء (أم بجما والمناطق المحيطة بها) وفى رواسب المنجنيز بالصحراء الشرقية . يستعمل البسيلوميلين كخام للمنجنيز .

معادن الهاليدات

تتميز هذه الطائفة التى تعرف باسم الهاليدات Halides بزيادة أيونات الهالوجينات ذات الشحنة الكهربائية السالبة وهى -F ، -Cl ، -Br ، -I . وهذه الأيونات ذات حجم كبير ، وشحنة ضعيفة ويسهل استقطابها . وعندما تمتص هذه الأيونات بأيونات كبيرة نسبياً ذات استقطاب ضعيف وتكافؤ منخفض فإن كلا من الكاتيونات والأيونات يعمل كأجسام كروية كاملة تقريباً ويؤدى أمية مثل هذه السكرات المستديرة إلى بليات لها أعلى تماثل ممكن ، ولذلك نجد أن الهاليت والسيلفيت والفلوريت تتبلور فى نظام المكعب الكامل التماثل (سداسى التماثل الأوجه) .

وتمثل الهاليدات ميكانيكية الرابطة (bond) الأيونية خير تمثيل . وذلك نتيجة لأن الشحنات الكهربائية الضعيفة منشرة على جميع أنحاء سطح الأيونات الكروية تقريباً . والهاليدات المكعبة لها صلادة منخفضة ودرجات انصهار متوسطة أو عالية ، كما أنها موصلات رديئة للحرارة والكهرباء في الحالة الصلبة ولكنها موصلات جيدة للكهرباء في حالة السيولة عندما تنصهر .

وعندما تتحد أيونات الهالوجين بكاتيونات أحضر من كاتيونات الفلوات الفلوية ولكن أقوى إستقطاباً فإنه ينتج بنيت ذات تماثل أقل ، ويكون للرابطة خواص الرابطة المشتركة covalent . ويدخل في مثل هذه البنيت الماء وشق الأيدروكسيد ككثونات رئيسية في التركيب الكيميائي . كما في حالة أتاكاميت

Atacamite و كارناليت Carnallite .

تضم هذه المجموعة المعادن الآتية : —

الكسب	NaCl	Halite	هاليت
الكسب	KCl	Sylvite	سيلفيت
الكسب	AgCl	Cerargyrite	شمارجريت
الكسب	CaF ₂	Fluorite	فلوريت
الميل الواحد	Na ₃ AlF ₆	Cryolite	كربوليت
الميلين الثامن	Cu ₂ Cl(OH) ₂	Atacamite	أتاكاميت
الميلين الثامن	KMgCl ₃ ·6H ₂ O	Carnallite	كارناليت

هاليت (NaCl)

يقبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثنائي الأوجه . البنية مكعبة يوجد في الطبيعة في هيئة بلورات أو كتل حبيبية متبلورة لها انقسام مكعب وتعرف باسم الملح الصخري Rock salt . كذلك يوجد في هيئة كتل أرضية حبيبية أو متماصة . الصلادة = ٢.٥ . الوزن النوعي = ٢.١٦ . الانقسام كامل مكعب { ٠.١ } . البريق زجاجي . شفاف اللون أو أبيض أو يعيل إلى الأصفر أو الأحمرار أو الزرقة أو البنفسجي وذلك إذا كان يحتوي على بعض الشوائب . للذائق ملحي . شفاف إلى نصف شفاف .

التركيب الكيميائي: كلوريد الصوديوم . الصوديوم = ٣٩.٣٪ ، الكلورين = ٦٠.٧٪ ، يحتوي عادة على شوائب مثل كبريتات الكالسيوم والمنغنيزوم وكوريدات الكالسيوم والمنغنيزوم .

درجة الانصهار = ١٠٨٥ . ويكسب الهل لونا أصفر فافعا (صوديوم) . يذوب الملح بسهولة في الماء . ويعطى المحلول الحمضي (بإضافة حامض البيريك) مع ترات الفضة راسبا أبيضاً كثيفاً من كلوريد الفضة . يتميز المعدن بانفصامه المكسحي ومذاقه المالح .

الهاليت معدن واسع الانتشار ، وهناك أربع طرق لوجود المعدن في الطبيعة : (١) في هيئة رواسب ذات سمك كبير وانتشار متسع ، (٢) في هيئة محلول في البحار والمحيطات والبحيرات المالحة . (٣) في هيئة مادة متوهجة في الأماكن الصخرية حيث لا يعوض البحر الشديد ما يصل إلى المحلول المالح من مياه أرضية مذاب فيها الملح ، مثل الرواسب الملحية الموجودة في صحارى أفريقيا وشيلي وبالتقريب من بحر قزوين . (٤) كإداة متسامية تكتشف حول فوهات البراكين .

يوجد الهاليت في الرواسب الملحية مصاحبا معادن الجبس والأهيدريت والطين والدولوميت . وتوجد هذه الرواسب في الصخور الرسوبية لجميع العصور الجيولوجية . ويعتقد أن هذه الرواسب قد تكونت بانفصال أجزاء من مياه البحر نتيجة لتسكون حاجز يفصل بين خليج المنسكون والبحر ، ثم بواسطة التبخر بدأت الأملاح تتركز في المحلول ويهبط المحلول المالح إلى القاع (نتيجة لنقله) وتعرض الجزء العلوى للبخار ، وتركز الأملاح ، وهكذا ، حتى وصل المحلول إلى درجة التشبع ، وفي هذه الحالة تترسب المعادن الأقل ذوبانا وبدأ بكبريتات الكالسيوم ثم يابها كلوريد الصوديوم . وهكذا . فإذا كان الخليج على اتصال بالبحر عن طريق فجوة في الحاجز ، وقد إلى الخليج بمجرى جديد من مياه البحر لتعويض الفاقد بالتبخير وتستمر عملية الترسيب لتسكون رواسب ذات سمك كبير . أما إذا ارتفع الحاجز ليقلل الخليج كلية فإن ماء الخليج يتغير كله ، وتنتهي عملية الترسيب بالأملاح الأكثر ذوبانا مثل مركبات المنسبيوم والبيوتاسيوم التي تترسب في النهاية في هيئة مركبات معقدة .

ترسب الهاليت في مصر في الملاحات الكثيرة المنتشرة على ساحل البحر المتوسط

عند الإسكندرية ورشيد وبورسعيد ، وكذلك يترسب الهاليت مع الرواسب الملحقة في وادى النطرون . ويوجد المعدن أيضاً مختلطاً مع معادن الجبس والانهيدريت التابعة لبحر المتوسط والمتبشرة على ساحل البحر الأحمر ، كذلك يوجد المعدن كأداة متوزعة قشرية في بعض المنخفضات في الصحراء الغربية .

يستعمل الهاليت بكميات كبيرة في الأغراض المنولية وفي صناعة منتجات الالبان وحفظ اللحوم والاشباك . ويستهلك حوالى ٧٠ ٪ من الإنتاج السنوى للمعدن في الصناعات الكيميائية لإنتاج الصوديوم ومركباته والكلورين والماسحوق الأبيض . . الخ . وتستعمل كربونات الصوديوم بكميات كبيرة في صناعة الزجاج والصابون ، بينما تستعمل بيكربونات الصوديوم في الطبى وصناعة الخبز والطب ، أما سيانيد الصوديوم فيستعمل في طريقة السيانيد لاستخلاص الذهب .

سيلفيت (KCl)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسى الثنائى الاوجه ، يغلب وجود شكل المكعب وثنائى الارجح مجتمعين . يوجد عادة في هيئة كتل حبيبية متبلورة تبين الانقسام المكعبى . والبناء الذرى سيلفيت يشبه بناء كلوريد الصوديوم ، ولكن نظراً لاختلاف نصف قطر أيون البوتاسيوم (١.٣٣ Å) عن نصف قطر أيون الصوديوم (٠.٩٧ Å) فإن المحلول الجامد Solid Solution المركبين قليل . الصلادة = ٢ . الوزن النوعى = ١.٩٩ . الانقسام مكعبى كامل . } شفاف في الحالة النقية . غديم اللون أو أبيض . ولكن قد يكون ملوناً بألوان داكنة للزرقاء أو الاصفرار أو الاحمرار تبعاً لنوع الشوائب الموجودة . يذوب في الماء بسهولة . المذاق ملحي ولكنه أكثر مرارة من الهاليت .

يشير المعدن عن الهاليت بتلوينه اللهب باللون البنفسجى ، وبمذاقه الأكثر مرارة .

السيلفيت نفس طريقة النشأة وأماكن الوجود والمعادن المصاحبة مثل الهاليت ولكنه أكثر ندرة منه ، ويعتق السيلفيت في المحلول المصحب الى ما بعد تبلور الهاليت حتى يتسبب مع المعادن المتأخرة في التبلور . يوجد المعدن في

رواسب الأملاح بمنطقة ستاسفورت بألمانيا ، وفي رواسب أملاح العصر البري بولابتي نيومكسيكو وتكساس بأمريكا ، وفي بعض الرواسب للمحبة بالاتحاد السوفيتي . يعتبر السيلفيت أم مصدر لمركبات البوتاسيوم التي تستعمل بكثرة في أغراض التسميد .

سيرارجيريت (AgCl)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثنائي الأوجه . الهيئة مكعبية ولكن البلورات نادرة . يوجد غالباً في هيئة كتلية مثل الشمع ، كذلك يوجد في هيئة قشور ورقائق . الصلادة = ٢ - ٣ . الوزن النوعي = ٥.٥٥ . سهل التقشير ، شفاف أو نصف شفاف . اللون رمادي لؤلؤي أو عديم اللون . يتغير لونه بسرعة إلى البني المائل إلى بنفسجي عند تعرضه للضوء .

يعتبر سيرارجيريت خاماً ثانوياً هاماً لفلز الفضة . ويوجد فقط في نطاق الأثر enrichment العلوي لمروق الفضة ، حيث تفاعلت المياه الأرضية المحملة بقليل من الكلورين مع نواتج عملية الأكسدة للحمات الأولية للفضة في العرق . يصاحب سيرارجيريت معادن فضة الأخرى . ونقطة الانصهار ، والسيروسيت ، والمعادن الثانوية بصفة عامة .

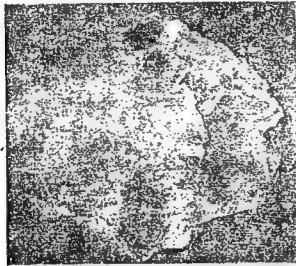
فلوريت (CaF₂)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثنائي الأوجه . يوجد في هيئة مكعبات ، شكل (١٩٤) . غالباً توأمية حسب القانون {١١١} وتنتج توائم متداخلة . يوجد المعدن غالباً في هيئة بلورات مكعبية ، شكل (١٩٤) ، أو كتل ناتجة من الانقسام . كذلك يوجد في هيئة كتلية دقيقة أو خشنة الحبيبات وكذلك في هيئة مجموعات عمداية .

الصلادة = ٤ . الوزن النوعي = ٣.١٨ . الانقسام كامل {١١١} . شفاف أو نصف شفاف . البريق زجاجي . اللون يختلف كثيراً والألوان الأكثر إنتشاراً هي الأخضر الفاتح أو الأصفر أو الأخضر المائل إلى الورقة

أو الارجواني ، كذلك توجد أنواع شفافة أو بيضاء أو وردية أو ورقاء أو خضراء. وقد تكون البلورة الواحدة ذات ألوان عدة مرتبة في هيئة صفوف، وبعض البلورات خاصة التفر (fluorescence) التي اشتقت اسمها من اسم المعدن.

التكوين الكيميائي : فلوريد الكالسيوم (CaF_2) . الكالسيوم = ٥١.٣%
الفلورين = ٤٨.٧%



شكل (١٩٤) بلورات فلوريت مكسية الشكل

درجة انصهار المعدن = ٢٠٣٠. يلون الذهب بلون أحمر (كالسيوم) . إذا سخن غلوط المعدن مع نيكريتات البوتاسيوم في أنبوبة زجاجية تصاعد غاز حامض الهيدروفلوريك الذي « يأكل » eschea في زجاج الأنبوبة وينتج عن ذلك ترسيب راسب أبيض من السليكا على جدار الأنبوبة .

يمكن التعرف على المعدن عادة ببلوراته المكسية وانقسامه الثافي الأوجه ، كذلك بريقه الزجاجي وألوانه المخيطة وخدشه بالمبراة .

الفلوريت من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار . فقد يوجد المعدن في العروق مكونا معظمها . أو مكونا المعدن الأرضي في العروق الحاوية للآتومات الفلزية خصوصا العروق الفضية والفضائية ، كذلك يوجد المعدن في الصخور

الجيرية والدولوميتية، كما يوجد كمعدن إضافي قليل في بعض أنواع الصخور النارية والجرانيتية. يصاحب المعدن عادة معادن كثيرة مختلفة مثل الكالسيت والدولوميت والجلبس والسيلستيت والباريت والكوارتز والجالينا وسفاليريت وكالسيتريت والتوباز والتورمالين والاباتيت .

يوجد المعدن بكميات متوفرة في إنجلترا (كبرلاندر . دربي شاير ، ذرهام) وفي مناجم سكونيا وفي سويسرا والتيرول وبوهيميا والأرويج وبعض ولايات أمريكا . وأهم المناطق التي يوجد فيها المعدن في مصر هي العجلى والعينجي بالصعيد الشرقي ، حيث يوجد المعدن في هيئة عروق أو أجسام عسبية الشكل في صخور الجرانيت والديوريت . كذلك يوجد المعدن كمعدن أرضي في المروق الحامدة للقصدير وتتجسن في مناطق أبو دباب وتريبع والمرياحنة وزرقة النعام .

يستعمل الفلوريت أساساً كإداة صاهرة في صناعة الصلب ، كذلك يستعمل في صناعة الزجاج الأوبالي . وفي طلاء أدوات الطهي ، وفي تحضير حامض الهيدروفلوريك . وتستخدم كميات بسيطة من المعدن البصري (النوع الخفاف الخالي من العيوب) في صناعة العدسات والمختبرات prismas التي تستعمل في الأجهزة البصرية .

كربوليت (Na_3AlF_6)

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد، نظام المثلثي . البلورات نادرة وغالباً يوجد المعدن في هيئة كتلية . الصلادة = ٢.٥ . الوزن النوعي = ٢.٩٥ إلى ٣ . يوجد بالمعدن مستويات انفصال في ثلاثة اتجاهات متعامدة تقريباً . البريق زجاجي أو شمعي شفاف أو أبيض مثل الثلج . يشبه المسكند شعع البرافين نظراً لانخفاض معامل انكساره الذي يقرب من معامل انكسار المسكند . ولذلك فإن مسحوق المعدن يتخفى تقريباً إذا وضع في الماء .

يوجد المعدن بكميات كثيرة في جرينلاند (منطقة إيفيجتوت على الساحل الغربي) في هيئة عروق في الجرانيت حيث يصاحب المعدن معادن سبيدريت

وجالينا و-فاليريت وكالكوفيريت . يستخدم المعدن كإداة صاهرة في الصناعات الفلوية .

أتاكاكاميت $[Cu_2G(OH)_4]$

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المتعكس . البلورات عادة ذات هيئة منشورية رفيعة ومخططة رأسيا ، كما توجد بلورات في هيئة تضدية (مسطحة) موازية للمسطوح الجانبي . يوجد المعدن عادة في مجموعات متبلورة أليافية أو حبيبية (مثل الرمل) الصلادة = ٣ - ٣.٥ . الوزن النوعي = ٣.٧٥ - ٣.٧٧ . الانقسام كامل وموازي للمسطوح الجانبي $\{ ١٠٠ \}$. البريق ألماسي أو زجاجي . اللون أخضر شفاف أو نصف شفاف . ويفرق المعدن عن الملايكيت بعدم قورائه مع حامض الهيدروكلوريك .

أتاكاكيت معدن نحاسي نادر الوجود نسبيا . يوجد في هيئة رمال في مقاطعة أتاكاما بجمهورية شيلي ، كما يوجد في المناجم الجافة كعدن ثانوي في نطالق الأكسدة لرواسب النحاس . ويوجد المعدن مصاحبا خامات النحاس الأخرى في مناطق شيلي ، وفي بوليفيا ، والمكسيك ، وأستراليا ، وولاية أريزونا بأمريكا . وفي مصر يوجد الأتاكاكيت مع معادن النحاس في منطقة حش بجنوب الصحراء الشرقية وفي سيناء . يستخدم المعدن كنخام بسيط للنحاس .

كارناليت $(K_2MgCl_2 \cdot 6H_2O)$

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم . نظام الهرم المتعكس . البلورات نادرة ويوجد عادة في هيئة كتلية أو حبيبية . الصلادة = ١ . الوزن النوعي = ١.٦٦ . البريق لافلزي ، لامع أو شحبي . اللون أبيض مثل اللبن ولكنه يكون عادة مائلا للأحمر نتيجة لوجود مكتشفات من الهيماتيت . شفاف أو نصف شفاف . المذاق مر . يمتص الماء .

يوجد المعدن مصاحبا هاليت وسيليت ، وغيرهما من الأملاح ، في الرواسب الملحية بمنطقة ستاسفورث بألمانيا . وكذلك في بعض الولايات الأمريكية . يستعمل المعدن كمصدر لمركبات البوتاسيوم والمغنسيوم .

المعادن الكربونانية

(والتراكية واليورانية)

عندما يتحد الكربون بالأكسجين . يكون له رغبة قوية في الارتباط بغيرتين من الأكسجين وذلك بمشاركته لائتين من اليكتروناته الأربعة مع كل من ذرتي الأكسجين ويكون وحدة كيميائية مستقرة هي جزيء ثاني أكسيد الكربون . وفي الطبيعة يتحد الكربون بالأكسجين أيضاً ليكون أيون الكربونات CO_3^{2-} ولما كانت نسبة نصف قطر الكربون إلى نصف قطر الأكسجين تساوى ١٢١ : ١٠٠ فإن هذا يتطلب أن يكون عدد أيونات الأكسجين التي تتناسق Coordinate حول أيون الكربون يساوى ثلاثة . ولما كانت شحنة الكربون ٤ (+) في حين أن شحنة الأكسجين تساوى ٢ (-) فإن هذا يؤدي إلى ارتباط ثلاث ذرات أكسجين بذرة الكربون . برابط مشترك قوى ، وتنتج وحدات بنائية مستقلة (في شكل مثلث) هي الكربونات ذات شحنتين كهربائيتين سالبتين . وتكون هذه المجموعة الكربونانية ، المثلثية الشكل والمسطحة . الوحدات البنائية الأساسية في جميع معادن الكربونات . وهي المسؤولة إلى حد كبير عن وجود الخواص المميزة لمعادن هذا القسم .

والرابطة التي تربط بين الكربون والأكسجين في أيون الكربونات ولو أنها قوية إلا أنها ليست بمثل القوة التي الرابطة المشتركة بين الكربون والأكسجين في جزيء ثاني أكسيد الكربون . وفي وجود أيون الأيدروجين يصبح شق الكربونات غير مستقر وينهار ليعطى ثاني أكسيد الكربون والماء . وعدم الاستقرار هذا هو سبب التفاعلات المصحوبة بغوران عند اختزال الكربونات بالأحماض .

وعندما تتحد بمجموعات الكربونات بسكاتيونات ثنائية التكافؤ لها نصف قطر يجعل عدد التناسق يساوى ٦ ، فإن هذا يؤدي إلى بناء ذى تماثل هندسى بسيط . وفي مثل هذا البناء ، الذي يمكن أن نطلق عليه نمط الكالسيت *Calcite type* تتبادل رقائق كاتيونات العلز مع أنيونات الكربونات . ويمكن أن نظر

إلى الكالسيت على أن بنائه في شكل نمط بناء كلوريد الصوديوم المشوه ، حيث استبدلت ذرات الصوديوم بذرات الكالسيوم وذرات الكلورين بالكربونات ، وتخيّل مكعب كلوريد الصوديوم وقد رفع رأسيا على أحد محاوره الثلاثية . تم ضغط على طول هذا المحور حتى تعمل الأوجه مع بعضها البعض زوايا مقدارها $56^{\circ} ٧٤'$ بدلا من 90° في المكعب . وفي هذه الحالة يصبح المحور الرأسى هو المحور الثلاثى الوحيد في بلورة الكالسيت ويتعامد على الرافق المتبادلة من أيونات الكالسسيوم والكربونات . ويؤدى شكل أيونات الكربونات المسطحة التى حلت محل أيونات الكلورين الكربونية إلى الهبوط بالتأثر البلورى من المكعب فى الحالة إلى معنى الأوجه فى الكالسيت . ويلاحظ أن الانقسام المميز لمعادن مجموعة الكالسيت ، مثل انقسام الهاليت ، يراى المستويات الأكثر اعتمادا عن بعضها البعض . والأهله بالذرات ، ولكن نظرا للتأثر الأدنى فإن الانقسام يكون معنى الأوجه وليس مكعبيا .

وبالرغم من أن الرابطة التى تربط الكربون بالأكسجين فى شق الكربونات هى من النوع المشترك القوى ، فإن الرابطة التى تربط الكربونات كلها (كأيون ذى شحنتين) بأيونات الفلز هى من النوع الأيونى البسيط (electrovalent) وأن خواص معادن مجموعة الكالسيت تتحكم فيها وتظهرها إلى درجة كبيرة أيونات الفلز . فمثلا ، يتناسب الوزن النوعى لمعظم معادن المجموعة تناسباً طردياً مع الوزن الذرى للكاتيون . والاستثناء الوحيد هو المغنسيوم . الذى له حجم صغير جداً نسبياً يجعله أكثر تعبئة ، وعلى ذلك تكون كربوناته — معدن الماغنيزيت — أعلى كثافة من كربونات أيون الكالسسيوم الأقل ذرئياً ولكن أكبر حجماً .

ونظراً لأن جميع أفراد مجموعة الكالسيت متشابهة البناء ، فإن خاصية الاستبدال (الإحلال) تكون ممكنة بين أيونات الفلزات ، وذلك فى حدود أحجامها النسبية . فمثلا أيون الحديدوز (Fe^{+2}) ، وأيون المنجنيز الثانى (Mn^{+2}) ، وأيون المغنسيوم (Mg^{+2}) يمكن أن تحمل على بعضها البعض وتنتج مواداً وسطاً فى التركيب الكيميائى بين المركبات القوية (سيديريت) كربونات الحديدوز (رودود كدوزيت) (كربونات المنجنيز) ،

ماجنزيت (كربونات المغنسيوم) ، وتغير خواصها الفيزيائية تبعاً لنسبة كمية كل من هذه الأيونات الثلاثة . أما لإحلال هذه الأيونات محل الكالسيوم فليس كاملاً - كما هو الحال فيما بينها - وذلك نتيجة لكبر حجم أيون الكالسيوم (٨٠٩٩) .

أما لإحلال الكالسيوم محل المغنسيوم أو المغنسيوم محل الكالسيوم فهو شئ صعب بصفة خاصة ، وذلك بسبب الفرق الكبير بين نصف القطرين (٢٣٪) . فإذا أجريت محاولة لإنعاش بلورات الماجنزيت أو الكالسيت في وجود وسط ذي تركيز عال من أيونات الكالسيوم والمغنسيوم . فإننا لانحصل على محلول جامد Solid Solution ، بل نتج بلورات طبقة مسكوة من رقائق من أيونات الكربونات متبادلة مرة مع رقيقة من أيونات المغنسيوم ومرة أخرى مع رقيقة من أيونات الكالسيوم . وهذا البناء هو معدن الدولوميت ، وهو يعتبر مثلاً جيداً لتكوين الأملاح المزدوجة . وعلى ذلك فبناء الدولوميت مشابه لبناء الكالسيت حيث توجد طبقات أو رقائق الكاتيونات المتعامدة على المحور - متبادلة مع طبقات أيونات الكربونات ، ولكن طبقات الكاتيونات هذه في الدولوميت تتكون من الكالسيوم والمغنسيوم بالتبادل .

وعندما يتحد أيون الكربونات مع أيونات كبيرة ثنائية التكافؤ ، فإن نسبة نصف القطرين لا تسمح بمدد التناقص المستقر . وينتج بناء آخر معني قائم . وهذا هو نمط بناء الأراجونيت .

ويلاحظ أن المحاليل الجامدة في مجموعة الأراجونيت محدودة بعض الشيء إذا قورنت بتلك الموجودة في مجموعة الكالسيت . وعما هو جدير بالاهتمام أن الكالسيوم والباريوم ، أصغر الأيونات وأكبرها على التوالى في المجموعة ، يكونان ملحا مزدوجاً مشابهاً للدولوميت . واختلاف الخواص الفيزيائية بين معادن مجموعة الأراجونيت يعزى - إلى حد كبير - إلى الكاتيونات . فمثلاً ، يتناسب اللون التوضي تناسباً طردياً تقريباً مع الوزن الذري لأيون الفلز .

ويمكن تصنيف المعادن الكربوناته لسهولة البحث والدراسة إلى الأقسام التالية : -

- ١ — كربونات عادية لأمائية .
٢ — كربونات عادية مائية .
٣ — كربونات تحتوي على الهيدروكسيد

كربونات عادية لأمائية

١ — مجموعة الكالكيت

الكالكيت	Calcite	CaCO_3	الثلاثي
ماجنييت	Magnesite	MgCO_3	الثلاثي
سيدريت	Siderite	FeCO_3	الثلاثي
رودوكروزييت	Rhodochrosite	MnCO_3	الثلاثي
سميثونيت	Smithsonite	ZnCO_3	الثلاثي

ب — مجموعة الأراجونيت

أراجونيت	Aragonite	CaCO_3	المحلي القائم
ويثيريت	Witherite	BaCO_3	المحلي القائم
سترونثانيت	Strontianite	SrCO_3	المحلي القائم
سيروسيت	Cerussite	PbCO_3	المحلي القائم

ج — مجموعة الدولوميت :

دولوميت	Dolomite	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	الثلاثي
---------	----------	------------------------------	---------

٢ — كربونات عادية مائية

ناترون	Natron	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	الميل الواحد
--------	--------	--	--------------

٣ — كربونات تحتوي على الهيدروكسيد

ملاكيت	Malachite	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$	الميل الواحد
أزوريت	Azurite	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	الميل الواحد

١ - كربونات عادية لامية

(١) مجموعة كالسيت

تشكون هذه المجموعة من كربونات عناصر الكالسيوم والمغنسيوم والحديد (ثنائي التكافؤ) والمنجنيز والزنك التي تتبلور في فصيلة الثلاثي ، نظام المثلثات الوجية الثلاثية المزدوجة. وتنقسم هذه المعادن كلها انقساما معيني الأوجه كاملا. وتختلف الزاوية بين مستويات الانقسام من 72° إلى 90° وتعتبر هذه المجموعة مثالا لمجموعات المعادن ذات التشابه البنائي Isstructural .

كالسيت (CaCO_3)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي . نظام المثلثات الوجية الثلاثية المزدوجة ، وتوجد البلورات في هينات كثيرة متعددة (وصف أ ك - من ٢٠٠ شكل بلوري) وأم هذه الهينات الأنواع الثلاثة التالية .

- ١ - هيئة معينية الأوجه ، حيث توجد الأشكال المعينية الأوجه بصفة رئيسية. وكلا النوعين — المفلطح والحاد — كثير الانتشار. شكل (١٩٥) .
- ٢ - هيئة منشورية ، منشورات قصيرة أو طويلة ، أم شكل فيها هو المنشور ، شكل (١٩٦) ، وقد ينتهي بالمسطوح القاعدي أو بمعيني الأوجه .
- ٣ - هيئة المثلثات الوجية ، حيث توجد الأشكال المثلثية الأوجه بصفة غالبية ، شكل (١٩٧) .



شكل (١٩٧)

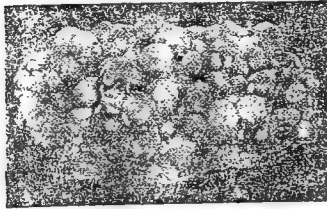


شكل (١٩٦)



شكل (١٩٥)

وتوجد جميع المجموعات النكلية الممكنة على البلورات في الطبيعة .
توجد بعض البلورات توأمية . قد يكون مستوى التوأم { ٢١١٠ } أو { ١٠٠٠ } أو { ١٦٠١ } في حالات قليلة .



شكل (١٩٨) : كاليت بطروخى

ويوجد الكالسيت في الطبيعة في هيئة بلورات ، وكذلك في هيئة كتلية حبيبية أو متساكنة أو تزاوية أو بطروخية ، شكل (١٩٨) .
الصلادة = ٣ . اللون النوعى = ٢٠٧٢ . الانقسام كامل وموازى لمعنى الأوجه { ١٠١٠ } (زاوية الانقسام = ٥٥° ٧٤) . ينفصل المعدن في مستويات التوأم الصفحية { ٢١١٠ } ، البريق زجاجى أو معتم . اللون عادة أبيض أو شفاف ، ولكنه قد يكون مائلا إلى الرمادى ، أو أحمر أو أزرقا ، أو أخضرا أو أصفرا . كذلك قد يكون اللون بنيا أو أسودا ، وذلك عندما يكون المعدن غير نقي ، شفاف أو نصف شفاف . يظهر المعدن خاصية الانكسار المزدوج بوضوح . تعرف الأنواع الشفافة النقية كيميائيا وبصريا باسم أيسلاند سبار Iceland spar نسبة إلى وجود هذا النوع في أيسلنده .
التركيب الكيميائى : كربونات الكالسيوم CaCO_3 أكسيد الشكاسيوم = ٥٦.٠٪ ، ثانى أكسيد الكربون = ٤٤.٠٪ ، قد يحل المنجنيز والحديد (ثنائى التكافؤ) محل الكالسيوم ، وتوجد متسلسلة كاملة بين الكالسيت وروودو كروزيت ، ومتسلسلة جزئية بين الكالسيت وسميثونيت ويحل المغنسيوم

عمل الكالسيوم ولكن بكميات بسيطة . يتفاعل المعدن بفوران مع حامض الهيدروكلوريك المخفف البارد .

يتغير المعدن بمساحته (٣) وانفصامه الكامل ولونه الفاتح وبريقة الوجداني . يفرق المعدن عن الدولوميت بتفاعله وحدوث فوران مع حامض الهيدروكلوريك المخفف البارد في حين لا يتفاعل الدولوميت . ويفرق المعدن عن الأراجونيت بوزنة النوعي الأقل ، وانفصامه المعنى الأوجه ، واختبار « ميجن » ، الكيميائي Moigen's test ، وهو عبارة عن غلي مسحوق المعدن في محلول نترات الكوبالت فنجد أن الكالسيت لا يتغير لونه أو يتحول إلى أصفر باهت ، في حين يتخذ معدن أراجونيت لونا أحمر Lilac-red .

الكالسيت أحد المعادن الشائعة والواسعة الانتشار في الطبيعة . ويمكن تصنيف الأنواع المختلفة من الكالسيت حسب وجودها في الطبيعة إلى الأقسام التالية :

(١) الكالسيت العادي (٢) الأحجار الجيرية (٣) الطباشير والفصل الجيري ، (٤) رواسب البنايع والكهوف الجيرية (٥) الرخام ، (٦) معدن إضافي في بعض أنواع الصخور النارية . (٧) معدن أرضي في المروقي المائية الحارة .

(١) الكالسيت العادي : تشمل هذه المجموعة البلورات المختلفة ذات الانفصام الواضح ومن أمثلتها : معدن أسنان الكلب Dog-teeth Spar (مثلثات . وحية) ، أيسلاند سبار Icelandspar (شفاف) ، سانسبار Satiospar (ألياف) .

(٢) الأحجار الجيرية : الكالسيت هو المعدن الرئيسي في المكون للصخور الجيرية الشائعة الوجود في الكرة الأرضية ، وهي صخور كتلية معتمة متماكة قد تكون حبيباتها خشنة أو دقيقة أو مكونة من قطع مكسرة . ومن أنواع الصخور الجيرية : الصخور الجيرية المتماكة Compact ، والصخور الجيرية المغنيسية أو الدولوميتية ، والصخور الجيرية المائية (تحتوي على ١٠ - ١٤ ٪ ماء) والتي تستعمل بكثرة في صناعة الاسمنت ، والصخور الجيرية البشجرافية

(دقيقة الحبيبات ومناسبة في بعض أغراض الطباعة) ، والصخور الجيرية البتومينية Bituminous التي تحتوي على نسبة من المواد العضوية ، والصخور الجيرية الصلبة المعروفة بإسم كوكينا ecquina وهي عبارة عن كتل من بقايا أصداف الحيوانات وقد تماحكت ، والصخور الجيرية البطيخية ، والصخور الجيرية الباسلانية pieolitic وحيياتها مستديرة في حجم حبات البسلة (البسلة).

(٣) الطباشير والطفل الجبرى : وهي عبارة عن صخور رخوة ترابية الهشة أما الطباشير فيشكون من بقايا أصداف تعرف بإسم فورامينيرا ، وأما الطفل الجبرى Marl فإنه يتكون من مخلوط من الجير والطين والرمل ،

(٤) رواسب البناييع والكهوف الجيرية : وهذه ناتجة من فقدان غاز ثاني أكسيد الكربون من المحاليل الحامضة له ، وينتج عن ذلك تحول بيكربونات الكالسيوم الثابتة إلى كربونات كالسيوم غير قابلة للذوبان في الماء ، فترسب في هيئة أنواع مختلفة من رواسب الكالكسيت . أهمها :

(أ) الترافرتين والستر الجبرى والتوبا الجيرية ، وهي عبارة عن رواسب محمية قد تحوى بعض أوراق أو زهور النباتات أو بقايا عضوية أخرى ، وتترسب حول البناييع أو على جانبي الجداول والمياه الجارية .

(ب) الاستلاكسيت والاستلاجيت ، وهي الرواسب الجيرية العمدانية المخروطية الشكل المتعدية من سقف الكهوف أو القائمة على أرضيتها .

(ج) الآلاباستر المصرى Egyptian Alabaster راسب جبرى ذو العروق والصغوف المنموجة بين الأبيض ولون عمل النحل (تطلق كلمة الآباستر في القول الغربية على نوع من أنواع الجبس) . وقد تكبرن في الكهوف ومسويات الصدوع في الحجر الجبرى الطباشيرى الايوسينى .

(هـ) الرخام يوجد الكالكسيت في هيئة حبيبات دقيقة أو خشنة في هذه الصخور الجيرية المتبلورة بالتحول الحرارى .

(٦) في الصخور النارية : قد يوجد الكالكسيت في حالات قليلة كعدن غير أساسى أول ، أو أساسى في حالات نادرة (صخور البكربوناتية) ؛ ولكن في كثير من الحالات ينتج المعدن في الصخور النارية كعدن ثانوى ناتج من تحلل بعض المعادن الحامضية بواسطة العوامل الجوية .

(٧) في العروق المائية الحارة : يوجد الكالسيت كعُدن أرضى في بعض أنواع العروق الحاملة للغامات المعدنية ، ويكون في هذه الحالة في هيئة بلورات . وفي مصر يوجد الحجر الجيري بكميات كبيرة في أنحاء متعددة من الجمهورية . ويستعمل في أغراض البناء وكنعام يدخل في صناعة الاسمنت . أما الرخام والالاباستر فيستغل من عدة محاجر عند إدفو وبني سويف واسيوط واجران القول وبعض المناطق بالصحراء الشرقية . وتوجد بعض عروق الكالسيت في الصحراء الشرقية ، ولكن بلوراتها ليست من النوع الشفاف الذي يستعمل في الأغراض البصرية .

الماجنيزيت ($MgCO_3$)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام المثلاث الوجية الثلاثية الموحوجة . يندر وجود البلورات . يوجد المعدن عادة في هيئة كتلية مجهرية التبلور تراهية بيضاء . الصلادة = ٣.٥ — ٥.٥ ، الوزن النوعي = ٣ — ٣.٢٢ . الانقسام معنى كامل $\{ 110 \}$ ، زاوية الانقسام = $73^\circ 30'$. الرين زجاجي . اللون أبيض أو رصاصي أو أصفر أو بني شفاف أو نصف شفاف .

التركيب الكيميائي : كربونات المغنسيوم $MgCO_3$. أكسيد المغنسيوم = ٤٨.٨ ٪ ، ثاني أكسيد الكربون = ٥١.٢ ٪ ، محل الحديد (ثاني التكافؤ) محل المغنسيوم وتوجد متسلسلة كاملة متشابهة الأشكال بين الماجنيزيت والسبيديريت ، قد يحتوي المعدن أيضاً على كيات بسيطة من الكالسسيوم والمانجنيز . لا يذوب المعدن في الحامض البارد ولكنه يذوب بفروران شديد في الحامض الساخن .

يوجد الماجنيزيت عادة في العروق الناشئة من تحلل معدن السربنتين بواسطة المياه الحاملة لثاني أكسيد الكربون . ومعظم هذه الرواسب كتلية متماسكة وفي هيئة غروية وتحتوي عادة على رواسب سيليكية . أما النوع المتبلور من الماجنيزيت فيعتقد أنه قد تكون بالترسيب والإحلال عمل الصخور الجيرية والدولوميتية حيث حل المغنسيوم محل الكالسسيوم .

توجد راسب ضخمة من الماجنيزيت المتبلور في منشور بارو في جبال الأورال وفي التماسا . أما راسب النوع الترابي المجهري المتبلور فتوجد في جزيرة إيويويا Baboea باليونان . يوجد الماجنيزيت في مصر في مناطق مختلفة بالصحراء الشرقية مصاحباً صخور المرزيتين حيث نشأ المعدن منها بالنحل ، وأهم هذه المناطق : الإبرامية وجبل الميت وجبل الجرف بالصحراء الشرقية .

يستخدم الماجنيزيت في صناعة الطوب المقتري الحرازي الذي يستعمل في تبطين أفران صهر الفلزات من الداخل . وكذلك يستعمل المعدن في صناعة أملاح المغنسيوم ، كما أن المعدن مصدر لعصر المغنسيوم .

سبيديريت ($FeCO_3$)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي . نظام المثلثات الوجبة الثلاثية المزدوجة توجد البلورات المعينة الأوجه . يوجد المعدن كذلك في هيئة كرات مستديرة أو حبيبات أو عقودى أو متناكس أو ترابي . الصلادة = ٣.٥ — ٤ . الوزن النوعي = ٣.٩٦ (للمعدن الثنائي) ولكنها تقل بوجود المنجنيز (تنافي التشكاف) والمغنسيوم . الانقسام معيني كامل { ١٠١ } (زاوية الانقسام = ٧٣°) البريق زجاجي . اللون بني فاتح إلى داكن ، شفاف أو نصف شفاف . المخدش أبيض أو مائل للاصفرار .

التكوين الكيمائي : كربونات الحديدوز ($FeCO_3$) . أكسيد الحديدوز = ٦٢.١ ٪ ، ثاني أكسيد الكربون = ٣٧.٩ ٪ الحديد = ٤٨.٢ ٪ قد يوجد المنجنيز والماغنسيوم حالين محل الحديدوز ، وتعتمد المتسلسلة السكاملة في التشابه الشكلي بين المعدن وبين الماجنيزيت والروودوكروزييت .

المعدن صعب الانصهار ويتحول إلى كتلة مغناطيسية بالتسخين . يذوب المعدن في حامض الهيدروكلوريك الساخن مصحوبا بمحدث فوران ، ويعطى المحلول مع سيانيد الحديديك والهبرناسيوم راسباً أزرقاً داكناً (دليل على وجود الحديدوز) .

يتحلل المادن إلى أكاسيد الحديد المائية ، ليمونست ، التي تأخذ غالباً شكلاً كاذباً عقب السبديريت .

يوجد السبديريت غالباً في هيئة رواسب تعرف بإسم الصخر الحديدى الطينى clay ironstone حيث توجد بها شوائب من المواد الطينية في هيئة كرات ذات طبقات دائرية . كذلك توجد رواسب من المادن مختلطة مع مواد كربونية كما يوجد المادن في الصخور الجيرية نتيجة لاحتلال الجير بواسطة محاليل الحديدوز ، وتعتبر هذه الرواسب ذات قيمة اقتصادية نظراً لوجودها بكميات ضخمة ، ومن أمثلتها الرواسب الموجودة في النمسا وإقليم ستيريا . أما النوع المتباور من السبديريت فيجود في المروق المائية الجارة حيث يتواجد مع الخامات الفلزية المختلفة مثل خامات مادن الفضة والبييت والكالكوبريت وترايديريت وجلينا . وعندما يوجد السبديريت بكميات كبيرة في هذه المروق فإنه يستعمل اقتصادياً كما هو الحال في منطقة وستفاليا بألمانيا . يوجد المادن في بعض المروق المائية الجارة في الصحراء الشرقية الجنوبية .

رودوكروزيت ($MnCO_3$)

يشلر المادن في فصيلة الثلاثى ، نظام الثلاثات الوجية الثلاثية المزدوجة . يوجد عادة في هيئة كتل حبيبية أو متأسكة . الصلادة = ٣,٤ . الوزن النوعى = ٣,٦ - ٣,٨ . الانقسام مائى الأوجه كامل { ١١٠ } (زاوية الانقسام ٧٣°) . البريق زجاجى . اللون يميل إلى الأحمر الوردى ولكنه قد يكون أرجوانى باهت أو بني داكن . شفاف أو نصف شفاف . يتميز المادن بلونه الأحمر الوردى وانقسامه المائى وصلادته (٤) ويفرق عن معدن رودونيت وسليكات المنجنيزه بصلادته المنخفضة (٤) [رودونيت صلادته تتراوح بين ٥,٥ - ٦,٥] .

يعتبر الرودوكروزيت من المادن النادرة نسبياً حيث يوجد المادن في مروق الفضة والرصاص والنحاس ومعادن المنجنيز الأخرى . يوجد المادن في مناجم الفضة برومانيا وسكسونيا . يعتبر المادن خاماً بسيطاً للمنجنيز .

سميثسونيت ($ZnCO_3$)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام المتثلثات الوجية الثلاثية المودجة .
يوجد للمعدن عادة في هيئة كآوية أو عتقودية أو استلا كتيبة أو قشور متبلورة
أو كتل تشبه شمع العسل . كما يوجد المعدن في هيئة حديدية أو ترابية . الصلادة
= ٤.٥ - ٥ (عالية بالنسبة لمعدن كربونات) . الوزن النوعي = ٤.٣٠
- ٤.٤٥ . الانقسام معيني كامل { ١١٠° } الذي يندر رؤيته . البريق
زجاجي . اللون بني أو أبيض أو أخضر أو أزرق أو أحمر وردي ، أما النوع
الاصفر فيحتوي على الكاديوم . نصف شفاف .

معدن سميثسونيت معدن ذو نشأة ثانوية ويعتبر من خامات الزنك . يوجد
للمعدن عادة في رواسب الزنك المنتشرة في الصخور الجيرية ويصاحب المعدن
سفاليريت وجالينا وهيمورفيت وسيروسيت وكالسيت وليمونيت . يوجد
عادة في هيئة أشكال كاذبة تنقب الكالسيت . قد يوجد المعدن في هيئة بلورات
خضراء نصف شفافة تستغل أحياناً في أحجار الزينة . يوجد المعدن مختلطاً مع
خامات الرصاص والزنك بمنطقة أم غيج بالصحراء الشرقية المصرية . يعتبر المعدن
خاماً بسيطاً للزنك .

ب - مجموعة الأراجونيت

تشمل هذه المجموعة متسلسلة من كربونات الكالسيوم والاسترونشيوم
والباريوم والرصاص ، وتتبلور جميعها في فصيلة المعيني القائم ، وموابتها البلورية
متقاربة جداً ، كما أن هيئاتها البلورية متشابهة . أي أنها بعبارة أخرى تكون
مجموعة متشابهة الأشكال Isomorphous series وتتقاطع المنشورات في
بلورات هذه المعادن في زوايا مقدارها ١٢٠° تقريباً ، لذلك فإنها تبدو سداسية
كاذبة Pseudo-hexagonal . ويتكون أعضاء هذه المجموعة من : أراجونيت ،
سترونشياليت ، ويزيريت ، سيروسيت .

أراجونيت (CaCO_3)

يتلور المعدن في فصيلة المعنى القائم ، نظام الهرم المتعكس . يوجد المعدن في هيئة إبرية هرمية أو سداجية أو توائم سداسية كاذبة . كذلك يوجد المعدن في مجموعات كروية أو عمدانية أو استلاكتيتية .

المهلادة = ٣,٥ - ٤ . الوزن النوعي = ٢,٩٥ (أصله وأعلى كثافة من الكالسيت) ، الانقسام غير كامل وحوالي السطوح الجانبي { ١٠٠ } والمنشور { ١١٠ } البريق وجامى . نديم اللون أو أصفر باهت أو يميل إلى الأحمر أو للورقة أو المواد . شفاف أو نصف شفاف .

التركيب الكيميائي : كربونات الكالسيوم ، مثل الكالسيت CaCO_3 أكسيد الكالسيوم = ٥٦,٠٪ ثاني أكسيد الكربون = ٤٤,٠٪ . وقد يحتوي على كمية بسيطة من الاسترونشيوم أو الرصاص . يتميز المعدن عن الكالسيت بوزنه النوعي أعلى وشلوه من الانقسام المعنى الأوجه . يفرق المعدن عن البيريت وسترونشيانيت بعدم انصهاره infusible ووزنه النوعي المنخفض وعدم تأويله للهب بلون محمر .

توجد أشكال مغيرة diagenesis الكالسيت تحق الأراجونيت بصفة شائعة . كذلك تفرز بهز الحيوانات الرخوة كربونات الكالسيوم في هيئة أراجونيت في أصدانها ، ويتحالم هذا على سطح الهدفة ليهي كالسيت . معدن الأراجونيت أقل استقراراً وأقل انتشاراً من معدن الكالسيت . يتكون المعدن في ظروف طبيعية كبريتية عدة بدرجات الحرارة المنخفضة وبالقرب من السطح . ولقد أظهرت التجارب أن الأراجونيت يتربسب من المحاليل الكبريتاتية الكالدية عندما تكون ساخنة . أما الكالسيت فيتربسب من المحاليل الباردة . وتتكون الجزيئة التوازنية في كثير من الأصداف من أراجونيت كذلك يتربسب الأراجونيت من التنايع الحارة . ويتواجد المعدن مع طبقات الجبس ورواسب خام الحديد حيث يوجد في شكل يشبه المرجان (يطلق عليه اسم زهرة الحديد flower of iron) . كذلك يوجد المعدن في هيئة طبقات أليافية على منحور المربنتين وفي الفجوات الأيبدالية (الروت) في البازلت . توجد

الرواسب البلورية المعدن في أراجون بأسيانيا وفي جنوب فرنسا وجويرة صقلية ويوهيميا وبعض المناطق في إنجلترا . الاسم مشتق من « أراجون » أحد أقاليم أسيانيا حيث وجدت بلورات المعدن التوأمية السداسية السكاذبة لأول مرة .

ويلديريت ($BaCO_3$)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس . البلورات دائما في حالة توأمية {١١} حيث تكون أشكالا هرمية سداسية كاذبة نتيجة لتداخل ثلاثة أفراد في تنظام . البلورات كثيرا ما تكون مخططة أفقيا . كذلك يوجد المعدن في مجموعات متبلورة في هيئة عنقودية أو كروية أو عمودية أو حبيبية . الصلادة = $3\frac{1}{2}$. الوزن النوعي = 4.3 . الانقسام غير كامل {١٠} . البريق زجاجي . عديم اللون أو أبيض أو رمادي . نصف شفاف درجة الانقسام = $2\frac{1}{2} - 2$ ، بلون اللب بلون أخضر تفاحي .

معدن الوندريت قليل الوجود نسبيا . ويوجد في معظم الأحيان في العروق مصاحبا للجالتا . يستخدم المعدن كمصدر بسيط للباريوم .

سترونشيانيت ($SiCO_3$)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس . البلورات غالبا إبرية وشماعية . التوائم منتشرة وتغطي أشكالا سداسية كاذبة . كذلك يوجد المعدن في هيئة عمودية أو الياقية أو حبيبية . الصلادة = $3.5 - 4$. الوزن النوعي = 4.7 . الانقسام مشعوري جيد {١١} . البريق زجاجي . الوزن أبيض أو رمادي أو أصفر أو أخضر . شفاف أو نصف شفاف . لا ينضهر المعدن . بلون المعدن بلون أحمر قرمزي « سترونشيوم » .

يعتبر سترونشيانيت من المعادن النادرة نسبيا ، ويوجد المعدن في العروق الموجودة بالصخور الجيرية أو المارل « لطين الجيري » ، كما أنه موجود بدرجات أقل في الصخور النارية ، كذلك في العروق المائية الحارة كمعدن أرضي . ويوجد المعدن بكميات اقتصادية في إقليم وسطاليا بالألمانيا . توجد بعض عينات من المعدن في الصحراء الشرقية بالقرب من القصير . يستخدم المعدن كمصدر للاسترونشيوم

سيروسيت ($PbCO_3$)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس . البلورات شائعة وغالباً مسطحة وتوأمية . كذلك توجد المعدن في مجموعات متبلورة حبيبية أو أليافية أو كتلية أو ترابية . الصلادة = ٣ - ٣.٥ . الوزن النوعي = ٦.٥٥ (عالية بالنسبة لمعدن ذو بريق ألماسي لاهلزي) . البريق ألماسي . عدم اللون أو أبيض أو رصاصي شفاف . أو نصف شفاف .

المعدن سهل الانصهار (درجة الانصهار = ١٥٠) . يعطى المعدن عند تسخينه مع كربونات الصوديوم على مكعب الفحم كرة صغيرة من الرصاص .

يعتبر السيروسيت من معادن خامات الرصاص الثانوية الهامة الواسعة الانتشار حيث يتكون المعدن نتيجة لتأثير المياه المحملة بثنائي أكسيد الكربون على معدن الجالينا في المناطق العليا من عروق الرصاص . يصاحب المعدن المعادن الأولية مثل الجالينا وسفاليريت ، والمعادن الثانوية مثل أنجلزيت وبيرومورفيت وسيمشونيت وليمونيت . في مصر يوجد المعدن مصاحباً لمعادن الرصاص في أم غيج وجبل الرصاص بالصحراء الشرقية .

ج - مجموعة الدولوميت

دولوميت [$CaMg(CO_3)_2$]

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام معيني الأوجه . البلورات معينية الشكل . يوجد كذلك في هيئة كتل متساكة حبيبية دقيقة أو خشنة .

الصلادة = ٣.٥ - ٤ . الوزن النوعي = ٢.٨٥ . الانقسام معيني الأوجه كامل { ١٠١° } (زاوية الانقسام = ٧٣°) البريق زجاجي أو لؤلؤي في بعض الأنواع . اللون يميل إلى الأحمر الخفيف وقد يكون شفافاً أو أبيضاً أو رمادياً أو أخضرًا بلياً أو أسوداً . للمعدن شفاف أو نصف شفاف .

التركيب الكيميائي : كربونات الكالسيوم والمغنسيوم ، $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.
نسبة كربونات الكالسيوم إلى كربونات المغنسيوم عادة كنسبة ١:١ . قد يحتوي
للمعدن على نسبة بسيطة من كربونات الحديدوز حالة محل كربونات المغنسيوم .
أما إذا وجد الحديد بكمية كبيرة فيسمى المعدن بإسم أنكيريت Ankerite
المعدن لا ينصهر . لا يتفاعل المعدن الخشن مع حامض الهيدروكلوريك
المخفف البارد إلا ببطء ولكن مسحوق المعدن يتفاعل مع الحامض البارد مع
حدوث فوران . أما الحامض الساخن فإنه يتفاعل بشدة مع المعدن الخشن .
وإذا تمحلول الدولوميت بمحلول كرومات الفضة فإنه لا يصيب بأى لون في حين
يصبغ الكالسيت بلون المحلول .

يوجد المعدن في الصخور الجيرية الدولوميتية وفي الرخام الدولوميتي . غالباً
يُصاحب الكالسيت . والدولوميت أسم لصخر أيضاً . وصخر الدولوميت صخر
ثانوي الأصل نشأ من الصخر الجيري نتيجة لاحتلال المغنسيوم محل الكالسيوم .
كذلك يوجد المعدن في العروق المائية الحارة خصوصاً في عروق الرصاص
والزئبق المتقاطعة للصخور الجيرية . يوجد المعدن في الصخور الدولوميتية
المختلفة المنتشرة في الصحراء الشرقية وأبو رواش بالقرب من أهرام الجيزة .
يستخدم المعدن كحجر للزينة والبناء ، كذلك في صناعة بعض أنواع
الأسمنت ، والمغنيسيا ، وتحضير البطانات الحرارية في المحولات المستخدمة في
تجهيز الصلب .

كربونات عادية مائية

نظرون ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$)

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . يوجد في الطبيعة في
هيئة مجموعات متبلورة ، حبيبية أو في هيئة قشور عمداية ، أو طبقات رقيقة .
الصلادة ١ - ١½ : الوزن النوعي ١٤٧٨ . الانقسام {١٠٠} واضح ،
{١٠} غير واضح . المكسر محاري . البريق زجاجي على البلورات . عديم
اللون أو أبيض ، وفي بعض الأحيان رمادي أو أصفر نتيجة لوجود شوائب .
المنافذ قليلة . ينصهر المعدن في درجة ٣٤.٥ مئوية . ويتزهر المعدن بسرعة في

الماء الجاف ، ويعطى الكربونات أحادية الماء monohydrate التي تعرف باسم تيموناتريت The-monatrite .

يتميز المعدن بأنه سهل الذوبان في الماء ، ويعطى محلولاً قلوياً ، ويتفاعل فوران مع الأحماض ، كما أنه ينصهر عند درجة حرارة منخفضة . يتبلور المعدن في الطبيعة عند درجات الحرارة المنخفضة (أقل من ٢٢°) ، ويوجد في محاليل مياه ورواسب بحيرات وأدى التطور ينصر وفي البخيرات الصودية ببعض الولايات الأمريكية .

كربونات تحتوي على الأيدروكسيد

ملاكيت $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور ، البلورات غالباً منشورية رفيعة ولكن قلما تكون واضحة . يوجد المعدن بصفة عامة في هيئة ألياف شعاعية مكونة لمجموعات عنقودية أو إسلاكية . كذلك يوجد المعدن [في هيئة خيشية أو ترابية] .

الصلادة = ٣.٥ - ٤ . الوزن النوعي = ٣.٩ - ٤.٠٣ . الانقسام قاعدي كامل { ١٠٠ } . البريق ألماسي أو زجاجي في البلورات ، حريري في الأنواع الليفية ، معتم في الأنواع الترابية . اللون والخدش أخضر فاتح . نصف شفاف . ينصهر المعدن في درجة ٣° ويعطى لهباً ذا لون أخضر . يتوب المعدن في حامض الهيدروكلوريك بمحلول فوران ويتلون المحلول بلون أخضر ، يتحول المحلول إلى لون أزرق عميق بإضافة كميات من الأمونيا .

يعتبر معدن الملايكيت من معادن خامات النحاس الثانوية الهامة الواسعة الانتشار حيث يوجد في الأجزاء العليا (منطقة الأكسيد) من الدروق النحاسية ويصاحب معادن أروريت وكوبريت والنحاس العنصري وأكسيد الحديد وكبريتيدات النحاس والحديد المختلفة . يستعمل المعدن كخام للنحاس .

يوجد الملايكيت في شبه جزيرة سيناء (سمرة وتمران وفهران ورحانه ومرايت) وفي الصحراء الشرقية بمناطق جبل عطوى (٥٥ كيلو متر جنوب

غرب القصير) وجبل أم سميركي وروادي حمش وحلجات وأبو صريل .

أزوريت $[Cu_2(CO_3)(OH)_2]$

يتلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات عادة ذات هيئة مركبة وغير كاملة لتشكلين . يوجد المعدن كذلك في هيئة مجموعات كروية شعاعية . الصلادة = ٣.٥ - ٤ . الوزن النوعي ٣.٧٧ . البريق زجاجي . اللون أزرقي قاتم (مثل زمرة النيسيل) . شفاف أو نصف شفاف . الخدش أزرقي قاتم . الاختبارات الكيميائية مثل الملاكيت .

يتحلل المعدن في بعض الأحيان إلى ملاكيت الذي يأخذ شكل المعدن الأصلي (أزوريت) . يوجد معدن الأزوريت في الأحوال المائلة لوجود معدن ملاكيت حيث يصاحبه ، ويكثر وجوده في هيئة بلورات . يستخدم المعدن كعظام للنحاس .

يصادب المعدن ملاكيت في مناطق متفرقة بشبه جزيرة سيناء والصحراء الشرقية التي يوجد فيها الأخير .

مجموعة المعادن النتراتية

النتر الصودي - $NaNO_3$

[ملح شيل]

يتلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام الثلاثات الوجبة الثلاثية المودوجة . يشابه معدن كالسيت في التوابع البلورية والانقسام والخواص البصرية النع ويكثر المعدن بلورات نطاقية الواحدة حول الأخرى . يوجد المعدن غالباً في هيئة كنيية موجودة في شكل قشور أو طبقات . الصلادة = ١ - ٢ . الوزن النوعي = ٢.٢٩ . الانقسام معيني الأوجه { ١١٠ } كامل . البريق زجاجي عديم اللون أو أبيض أو بني أحمر أو رصاصي أو أصفر . شفاف أو نصف شفاف . بارد المذاق . يتصعب بسهولة . سهل الانصهار (درجة الانصهار = ١) ويلون المعدن اللهب بلون الصوديوم

الأصفر الفاتح . يذوب بسهولة جداً في الماء ويتميز المعدن بمذاقه الحار
وتجمعه الشديد .

يوجد المعدن فقط في الأماكن الصحراوية الجافة وذلك بسبب شدة ذوبانه
في الماء . يوجد في شمال شيلي والأقاليم المجاورة من بوليفيا . يوجد كذلك في
الطبقات الملحية المعروفة بإسم كاليش Caliche الموجودة في مساحات كبيرة
حيث تتواجد طبقات المعدن متداخلة مع طبقات الرمل وملح الطعام والجبس .
يوجد المعدن في مصر على جانبي وادي النيل جنوب قناح شمال إدفو حيث
يستغل الطفل المحتوى على المعدن في التسميد . تعتبر شيل أكبر منتج للمعدن حيث
يستخدم المعدن في التسميد وفي صناعة المفرقات . يجد الخام الآن منافسة كبيرة
من الترات الصناعية المنتجة من عملية تثبيت النتروجين الجوي .

مجموعة المعادن البوراتية

(Borates)

الميل الواحد	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Colemanite	كولمانيت
الميل الواحد	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Kernite	كيرنيت
الميل الواحد	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Borax	بوراكس

كولمانيت $(\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O})$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . يوجد في هيئة
منشورات قصيرة كذلك يوجد المعدن في هيئة كتلية حبيبية أو متساكنة .
الصلادة = ٤ - ٤.٥ ، الوزن النوعي = ٢.٤٧ . الانقسام موازٍ للنظر .
الجانبي { ٠.١٠ } كامل . البريق زجاجي . عديم اللون أو أبيض ، شفاف أو
نصف شفاف .

يوجد المعدن في هيئة طبقات متداخلة مع طبقات رواسب البحيرات التابعة
للحقب الثالث Tertiary . يصاحب المعدن هاليت و تارديت وطرونه
وجين رسليت وكوارتز .

يستخدم المعدن كمصدر للبورا كس حتى اكتشاف معدن كيريت الذي حل محله. يستخدم البورا كس في صناعة الصابون والطلاء والزجاج ومساحيق الفيل والرامم والروائح ، كذلك يستعمل في اللحام والصبر واختبارات البورى ، وفي المواد المطهرة ، وكادة حافظه للحوم والأسماك .

كيريت ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . يوجد عادة في هيئة مجموعات خشنة الحبيبات ذات انفصام . الصلادة = ٢ . الوزن النوعي = ١.٩٥ . الانفصام كامل وموازي المسطوح القاعدي { ١٠٠ } والمسطوح الامامي { ٠٠١ } . البريق زجاجي أو لؤلؤي . اللون عديم اللون أو أبيض . لا يلبث العينات عديمة اللون أن تتحول إلى بيضاء عند تعرضها لاجور لفترة طويلة ، نتيجة لتكوين طبقة رقيقة جداً من معدن آخر (تسكالكونيت $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) .

يوجد المعدن في صحراء موميف بولاية كاليفورنيا بأمريكا حيث يوجد في رواسب طينية تقدر بملايين الأطنان . ويعتقد أن هذا المعدن قد نتج من تبلور معدن البورا كس مرة ثانية نتيجة لزيادة الضغط والحرارة . ويعتبر الكيريت أهم مصدر للبورا كس في الوقت الحالى .

بواركس (البورقة) ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات منشورية كبيرة . كذلك يوجد المعدن في هيئة كتلية أو قشرية . الصلادة = ٢-٣ . الوزن النوعي = ١.٧ . البريق زجاجي . الانفصام كامل وموازي المسطوح الامامي { ٠٠١ } . المذاق قلوئى حلو . تجزهر البلورات عديمة اللون وتتحول إلى لون أبيض نتيجة لتكوين معدن تسكالكونيت .

يعتبر البورا كس أكثر المعادن البورائية انتشارا . ويتكون المعدن نتيجة لبحر مياه البحيرات المالحة . يستخدم البورا كس في أغراض صناعية كثيرة . (أنظر معدن كولاليت ، صفحة ٣٣٧) .

المعادن الكبريتاتية والكروماتية

يتحد أيون الكبريت السلاسى التشكاف مع أربعة أيونات أكسجين (عند التناسق يساوى أربعة) ويكون مجموعة أيونية قوية جداً ، تميز خواصها الرابطة المشتركة التى تربط بين الكبريت والأكسجين . هذه المجموعة - SO_4^{2-} ، أو شق الكبريتات فى علم الكيمياء ، تكون الوحدة البنائية الأساسية للمعادن الكبريتاتية .

وأهم أفراد الكبريتات اللامائية وأكثرها انتشاراً معادن مجموعة الباريات (باريات : كبريتان الباريوم ، سليستيت : كبريتات الأسترونشيوم ، أنجليزيت : كبريتات الرصاص) التى تحتوى على كاتيونات كبيرة ثنائية التشكاف متناسقة مع أنيونات الكبريتات .

يؤدى البناء الذرى البسيط نوعاً ما فى هذه المعادن إلى تماثل معنى قائم ، ويوجد بها انقسام كامل { ١٠٠ } ، { ١٠٢ } ولكن الإنهدريت ، كبريتات الكالسسيوم ، له بناء مختلف اختلافاً طفيفاً عنها . وله انقسام مسطوحى فى ثلاث مستويات ، وذلك بسبب صغر حجم أيون الكالسسيوم عن أيونات الباريوم والأسترونشيوم والرصاص ، وتتوقف الخواص الفيزيائية للمعدن بصفة عامة على الكاتيون الغالب فى التركيب . فمثلاً ، يتناسب الوزن النوعى تناسباً طردياً مع الوزن الذرى للكاتيون .

ومن بين الكبريتات المائية ينتشر الجبس أهم معادنها وأكثرها انتشاراً . ويستدل من وجود الانقسام الكامل { ١٠٠ } على أن بناء المعدن من النوع الصفائحي ، حيث يتكون من طبقات (أو رقائق) من الكالسسيوم وأيونات الكبريتات يفصل بينها جزيئات الماء . ويؤدى فقدان الماء إلى انهيار البناء الذرى وتحوله إلى بناء الإنهدريت مصحوباً بنقص فى الحجم النوعى وروال الانقسام الكامل .

وبعض هذا القسم عدداً كبيراً من المعادن ، ولكن القليل منها هو شائع . ويمكن تصنيف الكبريتات بسهولة البحث والدراسة إلى ثلاث أقسام :

- (١) كبريتات لامائية
(٢) كبريتات تحتوى على الايليروكسيد .
(٣) كبريتات مائية

الكبريتات الهوائية

مجموعة الباريات

الباريت	Barite	BaSO_4	الامينى القائم .
سيليت	Celestite	SrSO_4	الامينى القائم .
انجليزيت	Anglesite	PbSO_4	الامينى القائم .
انهدريت	Anhydrite	CaSO_4	الامينى القائم .
جلوبيريت	Glauberite	$\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$	الميل الواحد .

الكبريتات المائية

جيس	Gypsum	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	الميل الواحد .
الكالكانيت	Chalcantite	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	الميل الثلاثة .
إسوميت	Epsomite	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	الامينى القائم .
ميلانتريت	Melanterite	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	الميل الواحد .
بوليهايت	Polyhalite	$\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	الميل الثلاثة .

الكبريتات المتوفرة على الحديد وكسيد .

أنجليزيت	Anglesite	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4$	الامينى القائم
ألونيت	Alunite	$\text{KAl}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$	الثلاثى

كبريتات لامائية

مجموعة الباريات (Barite Group)

تتباين كبريتات الباريوم والاسندونشيوم والخصائص فى بنائها الذرى وتكون مجموعة متشابهة البناء . وتبلور معادن هذه المجموعة فى فصيلة الامينى القائم ،

وتوابعها البلورية متقاربة جداً وهيئاتها متشابهة . وتشمل هذه المجموعة معادن ثلاثة هي : بارييت ، وسيلستيت ، وانجلزيت .

بارييت ، $a : b = 1.627 : 1$ ، $c : a = 1.031 : 1$

سيلستيت ، $a : b = 1.061 : 1$ ، $c : a = 1.276 : 1$

أنجلزيت ، $a : b = 1.071 : 1$ ، $c : a = 1.288 : 1$

بارييت ($BaSO_4$)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم . نظام الهرم المنعكس . البلورات عادة مسطحة وموازية للمساحيق القاعدية . يوجد المعدن أيضاً في هيئة كتلية متشققة حبيبية أو الياقية كلوية وأحياناً صفائحية أو عقدية (مثل العقدة) أو زراعية . الصلادة = 3 - 3½ . الوزن النوعي = 4.5 (عالية بالنسبة لمعدن ذي بريق لافلزي) . الانقسام كامل وموازي للمساحيق القاعدية { 100 } والبلشور { 112 } . البريق زجاجي أو لؤلؤي على السطح القاعدية في بعض العينات ، عديم اللون أو أبيض أو يميل إلى الوردية أو أصفر أو أحمر . شفاف أو نصف شفاف .

التركيب الكيميائي : كبريتات الباريوم ، $BaSO_4$. أكسيد الباريوم = 95.17 ٪ وثالث أكسيد الكبريت = 4.83 ٪ . يحل الأسترونشيوم محل الباريوم ويحتمل وجود متسلسلة كاملة من المحاليل الجامدة بين البارييت والسيلستيت قد يتحوى المعدن على الكالسيوم أو الرصاص حالين محل الباريوم .

درجه الانحلال = 4 ، ويلون الذهب بلون أخضر مائل إلى الأصفرار (الباريوم) . يتميز المعدن بوزنه النوعي العالي وانقسامه وبلوراته المميزة . البارييت من المعادن الواسعة الانتشار . يوجد المعدن عادة كعقد أرضي في الالروق الفلزية حيث يصاحب خامات الفضة والنحاس والكلوبالت والمنجنيز والانييمون . كذلك يوجد المعدن مع السكالكسيت في هيئة عروق في الصخور الجيرية ، أو يوجد في هيئة كتل متبقية في الصخور الطينية التي تملأ الحجر الجيري . كذلك يوجد المعدن في الصخور الرملية مع خامات النحاس ، وفي بعض

الاحيان يكون البارييت مادة لائحة لحييات الكو'ريتز في الحجر الرملى ، وقد يترسب المعدن حول التبايع الحارة .

يوجد المعدن في مصر في عروق البارييت بأسيوان ، ومكونا البلورات الوردية Rose crystals والمراد اللاحمة في الصخور الرملية بالواحة الخارجة . وكذلك في هيئة عروق ورواسب في مناطق حافلة وشعبلة والشيخ الفاضل بالصحره الشرقية ؛ ويصاحب المعدن كثيراً السيليت .

يستخدم أكثر من ٨٠٪ من الإنتاج العالمى للبارييت في حفر الآبار (البترول بصفة خاصة) ، ويستعمل البارييت أيضاً في تحضير المركبات الكيميائية لعنصر الباريوم . يستعمل مخلوط كبريتيد الباريوم وكبريتات الزنك (يعرف المخلوط باسم ليثوفين Lithophene) في صناعة البويات والطلاء وانفوجرات . كما تستعمل كبريتات الباريوم في صناعة الورق والقماش ، وفي مواد الزينة للسيدات Cosmetics ، وفي الطب (وجبة الباريوم عند التصوير بالأشعة) .

سلفاتيت (SrSO₄)

يتلور المعدن في فصيلة المعين القائم ، نظام الهرم المنعكس . البلورات مسطحة أو منشورية . كذلك يوجد في هيئة كتل حبيبية أوليافية .

الصلادة = ٣ - ٣.٥ . الوزن النوعى = ٣.٩ - ٤ . البريق زجاجى أو لؤلؤى . الانقصاص كامل وموازى للقاعدة { ١٠٠ } وللنشور { ١٢ } . عديم اللون أو أبيض أو مائل للورقة أو الأحمر . شفاف أو نصف شفاف . يحل الباريوم محل الاسترونشيوم ويحتل وجود متسلسلة كاملة من المحاليل الجامدة بين السلفيت والبارييت . درجة انصهار المعدن = ٣٠.٥ - ٤ . يتلون الذهب بلون أحمر قرمى (استرونشيوم) .

يشبه المعدن البارييت إلى درجة كبيرة ولكن وزنه النوعى منخفض ويحتاج الأمر إلى إجراء الاختبارات الكيميائية وتحقيق لون الذهب للفرقة بين الاثنين .

يوجد السلفيت منشرا في الصخور الرملية أو الجيرية أو في هيئة د'عشاش

صغيرة أو مبطناً الفجوات في هذه الصخور . يصاحب المعدن معادن كالسيت ودولوميت وجبس وهاليت وكبريت وفلوريت . كذلك يوجد السليكات كمعدن أرض $garnet$ في عروق الرصاص .

في مصر يوجد السليكات في جبل المقطم بالقرب من المعادى وفي الصخور الجيرية بمنطقة الفيوم ومنطقة القصير .

إنجليزيت ($PbSO_4$)

يتبلور المعدن في فصيلة المعنى القائم ، نظام الهرم المتعكس . البلورات منشورية أو موازية لأي من المحاور البلورية ويوجد عليها مجموعة من الأشكال البلورية . كذلك يوجد المعدن في هيئة كتلية أو حبيبية متساكة ، يوجد غالباً في هيئة ترابية أو في طبقات دائرية ، في بعض الأحيان حول لب من الجالينا . الصلادة = ٣ ، الوزن النوعي = $6.9 - 6.4$ (جالية) ، الانقسام غير كامل ، وموازي للقاعدة $\{100\}$ وللنشور $\{012\}$. المتكسر محاري . البريق ألماسي (عندما يكون المعدن نقياً وتبلوراً) ومعتم (في الأنواع الترابية) . اللون شفاف أو أبيض أو رصاصي أو يميل إلى الأصفرار . شفاف أو نصف شفاف .

يتميز المعدن بوزنه النوعي العالي وبقربه الألماسي ومصاحته في معظم الأحيان لمعدن الجالينا ، يفرق المعدن عن السبروسيت بعدم فورانه مع حامض النيتريك .

الإنجليزيت من المعادن الثانوية الشائعة حيث يتكون المعدن نتيجة لتأكسد الجالينا . ويوجد المعدن في الأجواء العليا الأكسيدية من عروق الرصاص حيث يصاحب معادن الجالينا والسبروسيت وسفاليريت وسميثسونيت وهيميمورفيت وأكاسيد الحديد . يستعمل المعدن كخام بسيط للرصاص .

أنيميسريت ($CeSO_4$)

يتبلور المعدن في فصيلة المعنى القائم ، نظام الهرم المتعكس . البلورات نادرة . يوجد غالباً في هيئة كتل دقيقة التبلور أو كتل الألياف أو خشة .

الصلادة = ٣ - ٣.٥ . الوزن النوعي = ٢.٨٩ - ٢.٩٨ . الانفصام واضح في ثلاثة مستويات موازية للاشكال البلورية {١٠٠} ، {٠١٠} ، {٠٠١} ويتنج عنها كتل مكعبة الشكل ، البريق زجاجي أو لؤلؤي على أسطح الانفصام . عديم اللون أو أبيض أو رصاصي مائل للورقة أو أسود .
درجة انصهار المعدن = ٣ . يذوب في حامض الهيدروكلوريك الساخن ويعطى المحلول المخفف مع كلوريد الباريوم راسباً أبيضاً من كبريتات الباريوم . يتميز الاندسريت بأنفساه في ثلاثة مستويات متعامدة . ويفرق عن الكالسيت بوزنه النوعي العالي وخصائصه . ويصعب تمييز الأنواع الدقيقة الحبيبات دون الاستعانة بالاختبار الكيميائي وإثبات وجود شق الكبريتات .

يتحلل المعدن بسهولة نتيجة لامتصاصه الرطوبة ويتحول إلى معدن الجبس ويصحب هذه العملية ازدياد في الحجم .

يوجد الاندسريت في معظم الأماكن التي يوجد فيها الجبس حيث يتصاحبان دائماً . يوجد في طبقات غلظاً مع الملح في الصخور الجيرية ، وكذلك مائلاً بعض الفقاقيح في بعض صخور البازلت الأميغدالي (اللوزي) .

يوجد في بولندة وألمانيا وسويسرا وبعض ولايات أمريكا . وفي مصر يوجد المعدن مع الجبس والملح ضمن زواجب العصر الميوسيني الممتدة على ساحل البحر الأحمر وعلى جانبي خليج وقناة السويس ، ويعتبر المعدن في صناعة الأسمنت وحامض الكبريتيك .

جلوبيريت : $[Na_2Ca(SO_4)_2]$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات رفيعة ، مسطحة . موازية للقاعدة . الصلادة = ٢½ - ٣ . الوزن النوعي = ٢.٧٥ - ٢.٨٥ . الانفصام {١٠٠} جيد . البريق زجاجي . اللون أصفر باهت أو رمادي . مذاق مالح بعض الشيء . شفاف أو نصف شفاف .

معدن جلوبيريت من المعادن الراسعة الانتشار ضمن الرواسب الملحية التي

تتكون بالبخر من البحيرات المالحة . ولذلك يوجد مصاحبا معادن تنارديت ، وهاليت ، وبولهايت .

كبريتات مائية

الجبس ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات غالبا منشورية . التوام شائعة . يوجد كذلك في هيئة كتلية منفصمة وكذلك في هيئة صفائح أو حبيبية . يعرف النوع الاليف في ذو الرزق الحزري باسم ساتنبار Satinapar . أما الالاباستر Alabaster فهو عبارة عن الزرع الكتلي الدقيق الحبيبات (الالاباستر المصري ، صفحة ٢٢٢ ، عبارة عن كربونات الكالسيوم) أما السيلينيت Selenite فهو عبارة عن النوع الشفاف الذي ينقسم في صفائح مريضة .

الصلادة = ٣ (يتخدش بالظفر) . اللون النوعي = ٢.٠٢٣ . ينقسم المعدن في ثلاثة مستويات . الانقسام كامل ومواري للمسطوح الجانبى { ٠.١ } ، الانقسامان الآخران موازيان للمسطوح الامامى ونصف الهرم الموجب . المكسر محارى على السطح (٠.١) والباقي على السطح (١.٠) . اللون شفاف أو أبيض أو رمادي أو مائل إلى الأصفر أو الأحمر أو البنى نتيجة لوجود الشوائب . شفاف أو نصف شفاف .

درجة الانصهار = ٣ . يذوب المعدن في حامض الهيدروكلوريك المخفف الساخن ويذوب على المحلول مع كلوريد الباريوم راحبا أيضا من كبريتات الباريوم . يتغير المعدن بعد لادته المنخفضة وانقسامه في ثلاثة مستويات ، ويفرق عن الاليتريت باحتوائه على كمية من الماء وذوبانه في حامض الهيدروكلوريك .

الجبس من المعادن الشائعة الإنتشار حيث يوجد في الصخور الرسوبية في هيئة طبقات سميكه . وتتداخل طبقات الجبس عادة مع طبقات الحجر الجيري والطفل . كما يوجد المعدن في هيئة طبقات أسفل طبقات الملح الصخري حيث ترسب الجبس قبل الهاليت أثناء عملية تبلور المياه البحرية نتيجة للبخر . قد يوجد

المعدن يتبلورا في عروق الساتفسبار . ويتج المعدن غالبا من نحو معدن الانهيدريت ، وتسبب هذه العملية على folding الطيات العليا نتيجة لازدياد حجم الجبس عن حجم الانهيدريت الاصلى . كذلك يوجد المعدن في المناطق البركانية نتيجة لتفاعل أنخرة الكبريت المتصاعدة مع الحجر الجيري . وكذلك يوجد الجبس كمعدن أرضى في بعض العروق المائية الحارة الفلزية . يصاحب المعدن معادن كثيرة أهمها الهاليت والانهيدريت والدولوميت والكالسيت والكبريت والبيريت والكوارتز .

يوجد الجبس مختلطا مع الانهيدريت في التلال الممتدة على جانبي خليج السويس وعلى ساحل البحر الاحمر (العصر الميوسينى) .

يستعمل الجبس بصفة أساسية في صناعة المصيص وعجينة باريس Plaster of Paris . يستعمل الالاباستر والساتفسبار في أحجار الزينة ولكن في نطاق ضيق بسبب صلابتها المنخفضة .

كالكينائييت ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

(الزاج الأزرق Blue Vitreol)

يتبلور المعدن في فصية الجول الثلاثة ، نظام المسطوح . يوجد في هيئة بلورات لوحية موازية لأوجه الربع هرمى { ١١١ } . كذلك يوجد المعدن في هيئة كتلية أو استلاكتيتية ، أو كلوية ، وكذلك قد يوجد في هيئة إبرية . الوزن النوعى = ٢.١٢ - ٢.٣٠ . الصلادة = ٢.٥ . البريق زجاجى . اللون أزرق داكن . شفاف . المذاق فلزى .

معدن كالكينائييت من المعادن النادرة . ويوجد فقط في المناطق الصحراوية كمعدن ثانوى حيث يوجد بالقرب من السطح في الأماكن التى بها عروق نحاسية . ويشكون المعدن في هذه الأماكن نتيجة لأكسدة معادن الكبريتيدات النحاسية الأصلية .

إيسوميت $[MgSO_4 \cdot 7H_2O]$ (مالح إيسوم)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني انتميم . نظام الوقت . يتدرج وجود المعدن في هيئة بلورات . يوجد عادة في هيئة كتل عنقودية أو تشور أليافية . الصلادة = ٢ - ٢.٥ . الوزن النوعي = ١.٦٨ . الانقسام كمثل رموازي للمسطوح الجانبى $\{100\}$. البريق زجاجى أو ترابى . اللون أبيض . شفاف أو نصف شفاف . المذاق مر جداً :

يترسب المعدن عادة كمادة متوهمة على جدران المناجم والكهوف ، وقد يتشكلون في حالات نادرة كرواسب لبعض البحيرات مثل رواسب ستامفورت في ألمانيا حيث يصابب الأملح الأخرى القابلة للذوبان .

ميلاتيت $[FeSO_4 \cdot 7H_2O]$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات متساوية أو مشعورية قصيرة . يوجد غالباً في هيئة استلاكتيتية أو كروية الأليافية أو قشرية أو كتلية . الصلادة = ٢ . الوزن النوعي = ١.٨٩٨ . البريق زجاجى . المكسر عارى . قابل للكسر . اللون أخضر مائل للورقة . الخدش أبيض . شفاف أو نصف شفاف . المذاق قابض وفزى . ويتحول المعدن إلى لون أبيض مائل للأصفرار ومعتم عند تعرضه للهواء الجاف .

ميلاتيت من المعادن الثانوية التي تشكل نتيجة لأكسدة معادن البيريت والماركيت . يوجد المعدن كمادة متوهمة مترسبة على جدران المناجم التي تحوى خامات المعادن المذكورة . كذلك يوجد المعدن في المناطق الصحراوية الجافة .

بوليهاليت $[K_2Fe_2(SO_4)_6 \cdot 24H_2O]$

يتبلور المعدن في فصيلة المبول ثلاثة ، نظام المسطوح . البلورات نادرة . وعادة توأمية . يوجد عادة في هيئة كتل حبيبية أو أليافية أو صفائحية متراكمة . الصلادة = ٣ - ٣.٥ . الوزن النوعي = ٢.٧٨ . الانقسام $\{100\}$. واضح . اللون رمادى أو أحمر وردي أو أحمر طوى . البريق راتنجى . نصف شفاف المذاق مر

يوجد البورثايت في رواسب طينية حيث يصاحب معادن هاليت وسيلفيت و كانايت ، الخ . ومن المناطق المشهورة بوجود المعدن نذكر ستاسفورت بألمانيا وسالزبورج بالجمها . يستخدم المعدن كمصدر للبوتاسيوم .

كبريتات لامائية محتوية على الهيدروكسيد

أتاليريت $[Cu_2(OH)_2SO_4]$

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس . البلورات منشورات رقيقة ، ومخططة طوليا ، وتكون عادة إبرية . وقد تكون البلورات مسطحة . كذلك يوجد المعدن في هيئة بحريجات متوازية ، أو كلوية ، أو كتلية . الصلادة $\approx 3\frac{1}{4}$ — ٤ ، الوزن النوعي ≈ 3.9 . الانقسام $\{010\}$ كامل . البريق زجاجي . اللون أخضر زمردي إلى أخضر داكن . الخدش أخضر باهت . شفاف أو نصف شفاف .

يوجد أتاليريت في الاجزاء المتأكسدة من عروق النحاس ، خصوصا في المناطق الصحراوية .

الونيت $[KAl_3(OH)_6(SO_4)_2]$

(حجر الشب)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام الهرم الثلاثي المزدوج . البلورات غالبا معيية الشكل تشبه المكعب . قد تكون البلورات مسطحة . غالبا في هيئة كتلية أو منتشرة . الصلادة ≈ 2 ، الوزن النوعي $\approx 2.6 - 2.8$. الانقسام قاعدي كامل $\{100\}$. اللون أبيض أو رمادي أو يميل إلى الاحمرار . شفاف أو نصف شفاف .

يتكون معدن ألونيت نتيجة لتفاعل المحاليل الحامضة الكبريتيك مع الصخور الغنية بالفلسبارات البوتاسية . وقد يوجد المعدن بكميات صغيرة حول فوهات البراكين . يستخدم المعدن في إنتاج الشب ، وفي بعض الأحيان يستغل المعدن للحصول على البوتاسيوم والالومنيوم منه .

من المعادن المشابهة للمعدن معدن جاروزيت $KFe_8(OH)_6(SO_4)_2$ Jarosite وهو عبارة عن معدن ثانوى يوجد في هيئة قشور وطبقات غطائية رقيقة في المناطق التي يوجد بها خامات حديدية .

كروكوييت $(PbCrO_4)$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام النشور . يوجد عادة في هيئة بلورات منشورية ومجموعات عدائية أو حبيبية .

الصلادة = ٢.٥ - ٣ . الوزن النوعي = ٥.٩ - ٦.١ . الانفصام منشورى غير كامل { ٠.١١ } . البريق الماسى . اللون أحمر برتقالى . المخدش أصفر برتقالى . نصف شفاف .

كروكوييت من المعادن النادرة التي توجد في نطاقات الأكسدة بالمناطق التي يوجد بها عروق خامات الرصاص القاطعة لصخور تحتوي على عنصر الكروميوم

المعادن التنجستاتية

والمولبداتية

يلاحظ أن أيونات التنجستن والمولبدنوم السداسية التكافؤ (نصف قطر كل منها = ٨٠.٦٢) أكبر بكثير من أيونات الكبريت سداسى التكافؤ وأيونات الفسفور خماسى التكافؤ . وعلى ذلك فعندما تتحد هذه الأيونات مع الأكسجين فإن أيونات الأكسجين الأربعة المتساقطة مع أى من أيونات التنجستن أو المولبدنوم لا تشغل أركان رباعى الأوجه المنتظم ، وإنما تكون مجموعة مبططة إلى حد ما وذات جودد مربعة .

ويصنف المعادن التابعة لهذا القسم إلى مجموعتين متشابهتين البناء : (أ) مجموعة الوانفرايميت وتتكون من السكاينونات الثنائية التكافؤ الصغيرة نسبياً ، مثل الحديد والمنجنيز والنيوسيوم والتيتكل والكوبالت ، في حالة سداسية التناسق مع أيون التنجستن ، (ب) مجموعة الشيليت وتتكون من مركبات الأيونات الثنائية التكافؤ

الأكبر حجماً مثل الكالسوم (A ٠٠٩٩) والخصائص في حالة ثمانية التناقص
مع أيون التجسستن ، وفي هذه المجموعة يمكن لأيونات التجسستن والمولبدوم أن
تحل محل بعضها البعض مكونة متسلسلات جوفية بين كل من شيليت (CaWO_4)
وباربليت (CaMoO_4) وستولزيت (PbWO_4) وولفنتيت (PbMoO_4) .
وفيما يلي وصف للمعادن التجستانية والمولبدانية التالية :

ولفراميت	Wolfenite	$(\text{Fe}, \text{Mn}) \text{WO}_4$	الميل الواحد
شيليت	Scheelite	CaWO_4	الرباعي
ولفنتيت	Wulfenite	PbMoO_4	الرباعي

ولفراميت $[(\text{Fe}, \text{Mn}) \text{WO}_4]$

يشلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . توجد البلورات عادة
في هيئة لوحية موازية للمسطوح الأمامي . كذلك يوجد المعدن في مجموعات
نصلية bladed أو صفائحية أو عمداية أو حبيبية . الصلادة = ٥ - ٥,٥ .
الوزن النوعي = ٧ - ٧,٥ . الانقسام كامل وموازي للمسطوح الجانبين {١٠٠} .
البريق تحت فلزي أو راتنجي . اللون أسود بني . المخدش من أسود إلى بني
حسب التركيب الكيميائي .

التركيب الكيميائي : تجسستن المنجنيز والحديد و $[(\text{Fe}, \text{Mn}) \text{WO}_4]$.
توجد متسلسلة كاملة التشابه الشكلى بين فيربريت (FeWO_4) وهينريت
(MnWO_4) ، النسبة المئوية لأكسيد التجسستن WO_3 في الفيبريت = ٧٦,٣% ،
وفي الهينريت = ٧٦,٦% . درجة انصهار المعدن من ٣ - ٤ يعطى كرة
مقطعية . لا يذوب المعدن في الأحماض . يمكن تمييز المعدن بواسطة لونه
الداكن ، ووجود انقسام كامل في اتجاه واحد . ووزنه النوعي العالي .

معدن الولفراميت من المعادن النادرة نسبياً . ويتكون عند درجات عالية
من الحرارة ، حيث يوجد المعدن في عروق الكوارتز المائية عالية الحرارة ،
وفي البجائيت التي تصاحب صخر الجرانيت . يندرج وجود المعدن في عروق الحامات
الكبريتيدية . يوجد عادة مع معادن كاسيتريت وكذلك شيليت وكورانز .

توجد أهم رواسب المعدن فى الصين وبورما وويلز الجنوبية الجديدة باستراليا وبوليفيا . وتنتج الصين حوالى نصف الإنتاج العالمى للمعدن . وفى مصر يوجد المعدن بكميات منتشرة فى الصحراء الشرقية أهمها العجلة وأبو دباب والنويبع والتنجى وزرقا النعام ووادى الدب وأبو مررة ومنطقة جبل علية .

يعتبر المعدن أهم مصدر لنلز التنجستن الذى يستخدم فى صناعات الصلب المستعمل فى عمل الآلات والصمامات ذات السرعة العالية ، وكذلك فى صناعة الآلات الثقيلة والمبارد ، وفى صناعة المصابيح الكهربائية وصمامات الراديو . يستخدم كريد التنجستن كإداة صنفرة عالية الصلادة .

شميليت (CaWO_4)

يتلور المعدن فى فصيلة الرباعى ، نظام الهرم المنعكس . البلورات عادة عبارة عن أمشاط منعكسة من الرتبة الأولى ، يوجد المعدن كذلك فى هيئة كتل حبيبية . الصلادة = ٤,٥ — ٥ . الوزن النوعى = ٥,٩ — ٦,١ . الانقسام موازى للهرم المنعكس من الرتبة الثانية . البريق زجاجى أو الماسى اللون أبيض أو أصفر أو أخضر أو بنى . نصف شفاف . معظم عينات شميليت لها خاصية التوهج (النوع التفلىزى) . درجة الانصهار = ٥ .

يوجد المعدن فى صخور الجرانيتية ، وكذلك فى الصخور المتحولة بالحرارة ، وفى العروق المائية الحارة ذات درجة الحرارة العالية المصاحبة للصخور الجرانيتية . يصاحب المعدن الكاسيتريت والتوباز والفلوريت والابازيت والمولبدنيت والولفراميت . يوجد المعدن فى الصحراء الشرقية المصرية بمنطقة زرقا النعام وجبل علية مع معدن الولفراميت .

يستخدم المعدن كخام للتنجستن ، ولو أن معظم الولفراميت يأتى فى المرتبة الأولى من حيث إمداد العالم بتمصر التنجستن .

المعادن الفوسفاتية

والزيرخانية والفندانية

الفوسفور الخامس التكاثر أكبر بقليل من الكبريت السداسي التكاثر في الحجم ولذلك فإنه ، مثل الكبريت ، يكون مجموعات أيونية رباعية الأوجه (Tetrahedral) مع الأكسجين . وتكون هذه المجموعة رباعى الأوجه PO_4 (مثل مجموعة الكبريتات رباعية الأوجه) شقا مستقلا لا يشاطر ذرات أكسجين أخرى أو يكون مجموعات متبلورة (Polymerized) . وتحتوى معادن الفوسفات على أيون الفوسفات كوحدة بنائية أساسية ، وتكون وحدات أخرى مماثلة ، لها نفس عدد تناسق الأكسجين ونفس نوع ودرجة القوى الرابطة ، حول أيونات الزرنيخ والفناديوم الخاسية التكاثر ، ويمكن لأيونات الفوسفور والزرنيخ والفناديوم أن تحل محل بعضها البعض في مكانها الذى تشغله في مركز رباعى الأوجه المكون من أيونات الأكسجين ، وذلك كما في مجموعة معادن البيرومورفيت . -

ويكون الأباتيت ، وهو أكثر المعادن الفوسفاتية انتشاراً وأهمية ، محاللاً جامدة - باللبة لإحلال أنيونات كل من الكلورين والهيدروكسيد محل الفلورين ولكن إحلال مجموعة الكربونات محل مجموعة الفوسفات شئ نادر . وقد يحل النجيز والاسرونسيوم وغيرهما من الكاتيونات محل الكالسيوم . ولقد أدى هذا الإحلال الأيوني المعقد ، والذي يميز قسم المعادن الفوسفاتية ، إلى وجود علاقات كيميائية بين أفراد هذا القسم وتعقيد بنائها بعض الشيء .

وتتكون معظم هذه الطائفة الكبيرة من المعادن الفوسفاتية ، ولكن معظم أفرادها معادن نادرة . ومن بين المعادن المذكورة في التصنيف التالى يعتبر الأباتيت أكثر المعادن انتشاراً .

١ - فوسفات عادية لامائية :

مونازيت (الميل الواحد) $[(Co,La,Y,Th)PO_4]$

٢ - فوسفات عادية وأرسينات مائية .

مجموعة فيفانييت (الميل الواحد)

$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	Vivianite	فيفانييت
$Cr_3(AsO_4)_3 \cdot 8H_2O$	Erythrite	إريثريت

٣- فوسفات لامائية (وأرسينات الخ) محتوية على الهيدروكسيد أو الهالوجين

مجموعة أمبليجونيت (الميول الثلاثة) .

$LiAl(F,OH)PO_4$ Amblygonite أمبليجونيت
مجموعة الأباتيت (السداسي)

$Ca_5(F,Cl,OH)(PO_4)_3$ Apatite أباتيت

$Ca_5F(PO_4)_3$ فلور أباتيت

$Ca_5Cl(PO_4)_3$ كلور أباتيت

$Ca_5(OH)(PO_4)_3$ هيدروكسى أباتيت

مجموعة البيرومورفيت (السداسي)

$Pb_3Cl(PO_4)_3$ Pyromorphite بيرومورفيت

$Pb_3Cl(AsO_4)_3$ Mimetite ميميت

$Pb_3Cl(VO_4)_3$ Vanadinite فنادينيت

$MgAl_2(OH)_2(PO_4)_2$ Lazulite لازوليت (الميل الواحد)

٤- فوسفات مائية (وأرسينات الخ) ، محتوية على الهيدروكسيد أو الهالوجين

مجموعة التركواز (الميول الثلاثة)

$CuAl_2(OH)_2(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ Turquoise توركواز

$Al_2(OH)_2(PO_4)_2 \cdot 5H_2O$ Wavellite وافيليت (المعنى القائم)
مجموعة التوربيريت (الرباعي)

$Cu(UO_2)(PO_4)_2 \cdot 8-12H_2O$ Torbernite توربيريت

$Ca(UO_2)(PO_4)_2 \cdot 10-12H_2O$ Autunite أوتونيت

$K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$ Carnotite كارنوتيت (المعنى القائم)

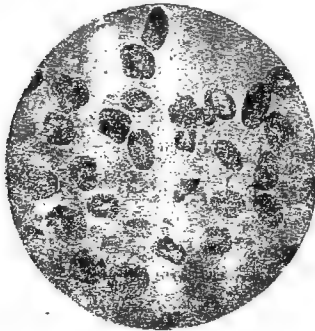
فوسفات عادية لامائية

مونايت $[(Ca,Ln,Y,Th)PO_4]$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات مبادرة وعادة صغيرة جداً . يوجد المعدن غالباً في هيئة كتل حبيبية مثل الزمالة ، شكل

(١٩٩) . الصلادة = ٥ - ٥.٥ . الوزن النوعي = ٥.٥٢ . يوجد بالمعدن مستويات انفصال موازية للمسطوح القاعدي $\{100\}$. البريق راتنجي . اللون بني أصفر أو مائل للأحمر . نصف شفاف .

التركيب الكيميائي : فوسفات الفلزات الأرضية النادرة خصوصاً السيريوم واللانثوم والإيتريوم $[(Ce, La, Y, Th)PO_4]$ يوجد الثوريوم عادة بالمعدن بنسبة قد تصل إلى ٢٠٪ ، ويحتوي المعدن أيضاً على نسبة من السليكا والتي تعزى إلى وجود معدن ثوريث ThO_2 متداخلاً مع المونازيت .



شكل (١٩٩) . حبيبات مونازيت في الرمال السوداء برشيد مكبره ميكروسكوبيا ٢٠ مرة
لا ينصهر المعدن بمفرده ولا يذوب في حامض الهيدروكلوريك ولكن ينصهر المعدن مع كربونات الصوديوم وينوب الناتج في حامض التريك، ويعطى هذا المحلول مع نوليدات الأمونيوم رساباً أصفر (دليل على وجود الفوسفات) .
يحتوي معدن المونازيت من المعادن النادرة نسبياً حيث يوجد كمعدن إضافي في الصخور الجرانيتية والنيوس وصخور الأبليت والبهمايت . وكذلك في الرواسب الرملية (رواسب التجمعات) الناتجة من نفثت هذه الصخور . ويتركز المعدن في هذه الرواسب الرملية نتيجة لخاصية مقاومة التحلل الكيماوي وكذلك نتيجة

لوزنه النوعي العالي ، ولذلك يصاحب معادن أخرى تقاوم التحلل مثل الماغنيت والالبيت والروتيل والزركون ولجارتيت . وتمتبر سواحل البرازيل والهند أكبر مصادر لحطم الإنتاج العالمي للمعدن . وفي مصر يوجد المذهب ضمن الرمال السوداء المترسبة على شاطئ البحر المتوسط عند رشيد ودمياط والبرديس والعريش ، وكذلك على ساحل البحر الأحمر مثل أس ملعب وحمام فرعون .

يعتبر المونازيت المصدر الرئيس لأكسيد الثوريوم حيث يحتوي المعدن على نسبة منه تتراوح بين ١٪ / ٢٠ ، ويحتوي النوع التجاري من المونازيت على نسبة تتراوح بين ٢ ، ٩٪ ويستعمل الثوريوم الآن في الحصول على الطاقة الذرية .

فوسفات وأرسينات وفادات عادية مائية

مجموعة فيفيانيت



يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المكشور . البلورات منشورية ، غنظية رأسياً ، وتوجد عادة في مجموعات شعاعية . كذلك يوجد المعدن في هيئة عقدية أو تراوية . الصلادة = ١ ١/٢ - ٢ . الوزن النوعي = ٢.٥٨ - ٢.٦٨ . الانقسام { ١٠ } . كامل . البريق زجاجي ، ولؤلؤي على أوجه الانقسام . عديم اللون في حالة عدم التحلل ، أزرق أو أخضر عندما يكون متحلاً شفافاً ويتحول إلى نصف شفاف عند تعرضه للعوامل الجوية .

معدن فيفيانيت من المعادن النادرة . وهو نادر الشفاء حيث يتكون كناتج لعوامل التجوية من المعادن الفوسفاتية الحديدية ومنجذبة الأولية التي توجد في صخور البجائيت . كذلك يصاحب المعدن البيريت والبيريت في عروق القصدير والنيحاس . كذلك يوجد المعدن في طبقات الطين وقد يصاحب الليمونيت ويوجد عادة في فجرات الحفريات .



يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المكشور . البلورات منشورية

وعظطة رأسياً . يوجد المعدن عادة في هيئة قشور كروية الشكل أو كlobes ،
كذلك في هيئة ترابية . الصلادة = ١ ½ - ٢ ½ . الوزن النوعي = ٣.٠٩ .
الانفصام { ٠.١ } كامل . البريق ألماسي أو زجاجي . ولؤلؤى على أسطح
الانفصام . اللون قرمزي أو أحمر وردي . نصف شفاف .

معدن إريثريت معدن نادر ناتوي النشأة ، يوجد كناتج لتحلل معادن
الكوبالت الورتينية ، ويندر وجود المعدن بكميات كبيرة ، ويكون عادة
قشوراً أو تجمعات دقيقة مائلة للشقوق . وبالرغم من أن الاريثريت ليس له فائدة
اقتصادية إلا أن الجيولوجي يستفيد من وجوده كدليل على وجود معادن كوبالت
أخرى وكذلك الفضة المصاحبة لها .

فوسفات وأرسينات وفنادات لامائية

عثرية على الهيدروكسيد والهالوجين

مجموعة أمبايجونيت

أمبايجونيت $[LiAl (F,OH)PO_4]$

يتبلور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة ، نظام المسطوح . يوجد المعدن عادة في
هيئة كتل خشنة التبلور واضحة الانفصام . الصلادة = ٦ . الوزن النوعي = ٣.٠٩ .
الانفصام كامل وموازي للمسطوح الأمامي { ٠.١ } ، وغير كامل موازي
لنصف المنشور { ٠.١ } . البريق زجاجي أو لؤلؤى على سطح الانفصام { ٠.١ }
اللون أبيض أو أخضر باهت أو أزرق باهت . نصف شفاف .

الامبايجونيت من المعادن النادرة التي توجد في صخور البجماتيت الجرانيتية
حيث يصاحب المعدن معادن سبيرومين وتورمالين ولييدريت وأباتيت .
يستعمل المعدن كمصدر لمصنعي اليوروم .

مجموعة الأباتيت



يقبلور المعدن في فصيلة السداسي . نظام الهرم المنعكس . يوجد المعدن عادة في هيئة بلورات منشورية طويلة . ولكن قد توجد بعض البلورات المنشورية القصيرة أو الوجية . وتنتهي هذه البلورات بأهرامات ظاهرة من الرتبة الأولى وكذلك بالمسطوح القاعدى . كذلك يوجد المعدن في هيئة كتل حبيبية أو متماسكة . الصلادة = ٥ (يكاد يخشش بنصل المبراة) . الوزن النوعى = ٣.١٥ -

٣.٢٠ . الانقسام ضعيف وموازى للمسطوح القاعدى { ١٠٠٠ } . اللون عادة يميل إلى الأخضر أو البنى ، كذلك قد تكون بعض الأنواع زرقاء أو بنفسجية أو عديمة اللون . شفاف أو نصف شفاف .

التركيب الكيميائى: فوسفات الكالسيوم الفلورىدى ويعرف بإسم فلور أباتيت $Ca_5F(PO_4)_3$. أو قد يكون في أحوال نادرة $Ca_5Cl(PO_4)_3$ ويعرف بإسم كلور أباتيت ، أو $Ca_5(OH)(PO_4)_3$ ويعرف بإسم هيدروكسيل أباتيت ، والمعروف أن الفلورين والكلورين والهيدروكسيل يحمل عمل بعضها البعض في البناء الذرى وتعطى متسلسلة كاملة من الأشكال المتشابهة .

أما أسم كولوفين colophane فإنه يطلق على المادة الكتلية ذات النسيج الخفى التبلور أو الغروية . وتركيب الكولوفين مثل الأباتيت إلا أنه يحتوى على شوائب مختلفة أهمها كميات قليلة من كربونات الكالسيوم . ويكون الكولوفين معظم الصخور الفوسفاتية والحفريات العظمية . ولقد أثبتت الدراسات البنائية بالإشعة السينية أن للكولوفين البناء الأساسى لمعدن أباتيت ولذلك لا يحتاج الأمر إلى اعتباره كمعدن مستقل بذاته .

ينصهر المعدن بصعوبة (درجة الانصهار من ٥ - ٥٥٥) . يذوب والاحماض ويعطى محلول المعدن الذائب في حامض التيتريك المخفف إذا أضيفت إليه كمية قليلة من محلول موابدات الامونيوم راسباً أحمر عبارة عن فوسفه وأميدات الامونيوم (اختبار الفوسفات) .

يتميز الابايت عادة بشكله البلورى ولونه وصلادته . كما يتميز عن معدن
البيريل الأخضر الذى يشبهه بوجود الاشكال الهرمية التى تقفل البلورة عند
نهايتها ، وكذلك بصلادته الاقل من صلادة البيريل .

يعتبر معدن الابايت من المعادن الواسعة الانتشار ، حيث يوجد كمعدن
إضافى فى جميع أنواع الصخور النارية والرسوبية والمتحولة . ويوجد المعدن
أيضاً فى رواسب الالميت الحديدية المغناطيسية . وكذلك قد يوجد المعدن فى
رواسب كبيرة أو عروق مصاحبة للصخور القلوية . وتعتبر الرواسب الموجودة
بشبه جزيرة كولا (Kola) بالقرب من كيروفسك بالاتحاد السوفىئى أكبر
رواسب للابايت فى العالم ، وهناك يوجد الابايت فى هيئة عدسة كبيرة
تقع بين نوعين من الصخور القلوية ، ويوجد الابايت فى هيئة حبيبه مختلطة
مع معدن نيفيلين .

أما النوع المعروف بإسم كولوفين فيكون معظم الصخور العوسفاية أو
الفوسفوريت ، وهذه توجد بكميات كبيرة فى شمال فرنسا وبلجيكا وأسبانيا .
وكذلك فى شمال أفريقيا فى تونس والجزائر ومراكش . وفى مصر توجد رواسب
الفوسفات بمنطقة القصير والحراوين وسفاجة على شاطئ البحر الاحمر ، وكذلك
فى بعض المناطق فى وادى النيل بالقرب من إدفو (السباعية) ، وفى الوادى الجديد
(الواحات الخارجة والداخلة) وأيضاً فى شبه جزيرة سيناء .

يستعمل معدن الابايت الناتج من شبه جزيرة كولا فى أغراض التسميد
أما رواسب الفوسفات التى تتكون معظمها من التكرلوزين فهى التى تعتبر المصدر
المهم المستعمل الآن فى التسميد . وتعالج فوسفات الكالسسيوم بواسطة حامض
الكبريتيك لتحويله إلى السور فوسفات ، وبذلك يمكن أن تستفيد منه النباتات
فى التربة لانه أسهل ذوبانا فى أحماض التربة الضعيفة من الفوسفات الاصلى .

وقد تستعمل بعض عينات معدن الابايت الشفافة ذات الالوان الزائفة
فى صناعة الاحجار الكريمة ، ولكن نظراً لأن المعدن ذو صلادة منخفضة فإن
استعماله محدود جداً فى الاحجار الكريمة .

مجموعة البيرومورفيت

تضم هذه المجموعة ثلاثة معادن للرصاص: أحداها فوسفات (بيرومورفيت) والثاني زرنيخات (مبييتيت) ، والثالث فثادات (فثاديت) ، وتحتوى جميعها على كلورين . وتحل أيونات الفوسفور والزرنيخ والفثاديوم محل بعضها البعض بتمتص الحرية في هذه المعادن الثلاثة المتشابه البناء ، ويوجد كل تدريج ممكن في التركيب الكيميائي بين المركبات الثلاثة النقية .

بيرومورفيت $(\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3)$

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي ، نظام الهرم المنعكس. البلورات منشورية ذات مسطوح قاعدى . غالباً ما توجد البلورات في هيئة برميلوى بعض الأحيان تكون البلورات جوفاء . يوجد المعدن عادة في هيئة كروية أو كلوية أو إبرية أو حبيبية . الصلادة = ٣.٥ - ٤ . الوزن النوعى = ٦.٥ - ٧.١ . الريق راتنجى أو ألماسى . اللون يميل إلى الأخضر أو البنى أو الأصفر ، نصف شفاف .

معدن بيرومورفيت من المعادن الثانوية التى تتكون في الأجواء العليا المتأكسدة من عروق الرصاص حيث يصاحب المعدن معادن الرصاص الأخرى .

هيميتيت $(\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{AsO}_4)_3)$

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي ، نظام الهرم المنعكس. البلورات منشورية وتبين للمسطوح القاعدى والأهرامات . توجد البلورات غالباً في هيئة برميل ، أو مستديرة أو قشور كروية السطح . يشبه البيرومورفيت في مظهره إلى حد كبير . الصلادة = ٣.٥ . الوزن النوعى = ٧ - ٧.٢ . الريق راتنجى أو ألماسى . عديم اللون ، أو أصفر ، أو بنى ، أو ب. تقالى . نصف شفاف . معدن مبييتيت من المعادن الثانوية النادرة نسياً ، ويوجد في الأجواء المتأكسدة من عروق الرصاص ، حيث يصاحب معادن الرصاص الأخرى .

فثاديت $(\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{VO}_4)_3)$

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي نظام الهرم المنعكس. البلورات منشورية

ذات مسطوح قاعدى . قد يوجد فى هيئة بلورات كروية وفى بعض الأحيان
نجوفاء . كذلك يوجد المعدن فى هيئة كروية أو قشور . الصلادة = ٣ . الوزن
النوعى = ٦٩٧ - ٧١٠ . البريق راتنجى أو الماسى . اللون أحمر كالياقوت
أو أحمر برتقالى أو بنى أو أصفر شفاف أو نصف شفاف .
فينديت من المعادن الثانوية النادرة التى توجد فى الأجواء العليا المتأكسدة
من عروق الرصاص . يستعمل المعدن كمصدر لعنصر الفينديوم وأيضاً كخام
بسيط للرصاص .

لازوايت $[MgAl_2(OH)_2(PO_4)_2]$

يتلور المعدن فى فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . يوجد عادة فى هيئة
كتلية حبيبة أو متناكة .
الصلادة = ٥ - ٦ . الوزن النوعى = ٣.٠١ - ٣.٠٢ . الانقسام منشورى
{ ١١ } غير واضح . اللون أزرق داكن (azuro blue) ، نصف شفاف .
التركيب الكيميائى : فوسفات المغنسيوم والألومنيوم القاعدية
 $MgAl_2(OH)_2(PO_4)_2$. يحل أيون الحديدوز محل المغنسيوم ، وتوجد متسلسلة
كاملة بين اللازوليت والطرف الآخر الحديدى المعروف باسم سكورزاليت .
لا ينصهر المعدن . ويتفتخ المعدن بالتسخين فى لحب البورى ، ويفقد لونه .
وتفتت إلى قطع صغيرة . يبيض المعدن بالتسخين فى الأنبوبة المقفولة ، ويغطى
ماء . غير قابل للذوبان فى الماء . يعطى اختبار الفوسفات بعد حرق المعدن مع
كربونات الصوديوم .

يصعب تمييز معدن لازوليت عن بقية المعادن الزرقاء دون الاستعانة باختبارات
اللب البورى والاختبارات الكيميائية . وذلك فى حالة عدم توفر البلورات .
معدن لازوليت من المعادن النادرة ، ويوجد المعدن عادة فى صخور
الكوارتزيت مصاحبا معادن كيانيت ، أندلوسيت ، كوراندوم ، روتيل . يوجد
فى بعض المناطق فى النسا والسويد والولايات المتحدة الأمريكية . يستخدم المعدن
كحجر كريم بسيط . الاسم مشتق من كلمة عربية بمعنى السماء بالنسبة إلى لون
المعدن الأزرق .

فوسفات مائية، النخ، محتوية على الايدروكسيد والهالوجين

توركواز (الفيروز) $\text{CuAl}_2(\text{OH})_4(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

يتطور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة ، نظام المسطوح . ينذر أن يوجد في هيئة بلورات ، ولكن يوجد عادة في هيئة بلورات خفية . كذلك يوجد في هيئة متباكية أو كلوية أو مستطابكتيه لأوغى طبقات رقيقة أو حبيبات منتشرة . الصلادة = ٦ . الوزن النوعي = ٢.٢٦ - ٢.٢٨ . البريق شمعي . اللون أزرق أو أخضر يميل إلى الزرقة أو أخضر . نصف شفاف أو معتم .

التركيب الكيميائي : فوسفات الألومنيوم والنحاس القاعدية المائية ، $\text{CuAl}_2(\text{OH})_4(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. قد يحل الحديد محل الألومنيوم . لا ينصهر المعدن . إذا بلل المعدن بحامض الهيدروكلوريك ثم سخن في اللهب فإنه يلونه بلون لهب للنحاس المميز (أخضر مائل للزرقة) . يعطى الاختبار الكيميائي لفق الفوسفات ، إذا سخن في الأنبوبة المقفولة فإنه يتحول إلى لون أسود يعطى ماء . يتميز المعدن بسهولة بواسطة لونه . كما أنه أصلد من معدن كريدوكولا ، وهو المعدن الوحيد المشابه له في اللون .

معدن التوركواز أو الفيروز من المعادن الثانوية النشأة حيث يوجد في هيئة عروق أو شرائط دقيقة قاطعة للصخور البركانية المتحللة إلى حد ما . توجد روائب الفيروز المشهورة بإيران في صخر التراكيت البركاني النشأة في منطقة نيفشاور بولاية خوراسان . يوجد المعدن في هيئة عروق دقيقة في مناطق متفرقة بشبه جزيرة سيناء . وقد استغله القدماء في صناعة الأحجار الكريمة والجمالين .

يشتمل المعدن كحجر كريم حيث يقطع عادة في أشكال مستديرة أو بيضاوية .

وافيليت $[\text{Al}_2(\text{OH})_4(\text{PO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$

يتطور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المتعكس . البلورات

نادرة ويقلب وجود المعدن في هيئة مجموعات كروية ذات بلورات سماعية .
الصلادة = ٣.٥ — ٤ . الوزن النوعي = ٢.٣٣ . الانقسام كامل وموازي
للمشور {١١} . المسكوف {١٠١} . البريق زجاجي . اللون أبيض أو أصفر
أو بني . نصف شفاف .

معدن وافيليت من المعادن الثانوية النادرة . يوجد المعدن بكميات صغيرة
في الشقوق والفواصل بالصخور المتحولة الغنية بالألومنيوم وكذلك في رواسب
الفوسفات واليمنيوت . لا يوجد المعدن في الطبيعة بكميات كبيرة .

توريير نيت $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8-12\text{H}_2\text{O}$

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المتعكس الرباعي المزدوج .
يوجد المعدن في بلورات لوحية مربعة الشكل . كذلك يوجد المعدن في هيئة
مجموعات قشرية أو سيكالية أو صفائحية .

الصلادة = ٢ — ٢.٥ . الوزن النوعي = ٣.٢٢ . الانقسام كامل
وموازي للسطوح القاعدي {١٠٠} . الصفائح قابلة للكسر عنها في حالة

معدن أوتونيت . البريق زجاجي ، أو الماسي لؤلؤي على وجه الشكل {١٠٠} .
اللون أخضر مثل الحشائش أو الزمرد أو التفاح . الخشن أخضر باهت .
شفاف أو نصف شفاف . لا يتغير المعدن عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية .

تورييريت من المعادن الثانوية التي تصاحب معدن أوتونيت وغيره من
معادن اليورانيوم الثانوية نتيجة لأكسدة معدن اليورانييت في الأجزاء العليا
من المروق المائية الحارة الحاملة للنحاس واليورانيوم . يوجد المعدن في إقليم
يواخيمستال بتشيكوسلوفاكيا وكذلك في بعض مناطق سكسونيا وبوهيميا .
كذلك يوجد بكميات كبيرة في شيكولوني بإقليم كاتنجا براثير وفي
مناطق أخرى .

أوتونيت $[\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10-12\text{H}_2\text{O}]$

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المتعكس الرباعي المزدوج .
البلورات لوحية تشبه كثيراً بلورات تورييريت . يوجد كذلك في هيئة مجموعات

قشرية أو صفائح الصلادة = ٢ - ٢.٥ . الوزن النوعي = ٢.١ - ٢.٢ .
البريق زجاجي ، أو لؤلؤي على سطح الشكل { ١٠٠ } . الانقسام كامل وموازي
لأوجه الشكل { ١٠٠ } . غير قابل للكسر . اللون أصفر ليموني أو كبريتي .
الخدش أصفر باهت . شفاف أو نصف شفاف . يتشقق بقوة إذا تعرض للاشعة
فوق البنفسجية ويعطى لونا أخضرًا مائلًا للأصفرار .

أوتونيت من معادن اليورانيم الثانوية حيث يوجد في منطقة التأكسد
والتهوية العروق المائية الحارة والبيجيت الحارة لليورانيت ومعادن
اليورانيم الأخرى . يوجد بمنطقة أوتون بفرنسا وفي البرتغال وألمانيا ورايمير
وجنوب استراليا .



يتأخر المعدن في فصيلة المعين القائم يوجد المعدن عادة في هيئة مسحوق أو
حببات دقيقة متجمعة في مجموعات غير متماسكة جيدًا ، وكذلك يوجد المعدن
منتشرًا في بعض الصخور .

الوزن النوعي = ٥.٣ (حسابيًا) . الانقسام كامل وموازي للمسطوح
القاعدى { ١٠٠ } . البريق معتم أو رضى . اللون أصفر فاقع أو أصفر
مائل للخضرة .

معدن كارنوتيت من المعادن الثانوية . ويمرر تكوينه في الطبيعة إلى تأثير
الباه الأرضية على المعادن الأولية المحتوية على اليورانيم والفلينوم .
يوجد المعدن بصفة رئيسية في إقليم الحضاب بجنوب غرب ولاية كولورادو
Colorado plateau والولايات القريبة بالولايات المتحدة الأمريكية وتوجد
بعض التجمعات المركزة من المعدن تنقى حول جذوع الأشجار المتحجرة .
يستعمل معدن الكارنوتيت كخام للفلينوم وكذلك اليورانيم في الولايات
المتحدة الأمريكية .

المعادن السليكاتية

(Silicates)

يضم هذا القسم عدداً كبيراً جداً من المعادن قدر بحوالى ٢٥ فى المائة من جميع المعادن المعروفة أو ما يقرب من ٤٠ فى المائة من المعادن الشائعة . وباستثناء عدد بسيط جداً من المعادن نجد أن معظم المعادن المكونة للصخور النارية عبارة عن معادن سليكاتية ، وعلى ذلك تكون معادن هذا القسم ما يقرب من ٩٠ فى المائة من القشرة الأرضية .

فإذا تذكرنا متوسط التركيب الكيميائى للقشرة الأرضية نجد أن بين كل ١٠٠ ذرة فى القشرة يوجد حوالى ٥٠ ذرة أكسجين ، ٢٥ ذرة سليكون ، ٨ ذرات ألومنيوم ، أما الحديد والكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم فيوجد من كل منها ذرتان أو أكثر . وإذا استثنينا التيتانيوم فإننا نلاحظ أن جميع العناصر الأخرى ليس لها قيمة من ناحية الحجم الذى تشغله فى بناء القشرة الأرضية . ولما كان اهتمامنا بالمعادن وطبيعتها أساسه البناء الذرى وليس كمية العناصر بالوزن الداخلة فى تركيبها ، فإنه من الصواب تماماً أن ننظر إلى مكونات القشرة بالنسبة للفراغ الذى تشغله بدلاً من النسبة المئوية بالوزن لكتلتها . فإذا نحن فعلنا ذلك ، فإنه تبدو لنا صورة القشرة الأرضية فى هيئة هيكل تشغله أيونات الأكسجين مرتبطة بأيونات السليكون والألومنيوم - الصغيرة الحجم ولكن ذات الشحنة العالية - فى صورة معقدة قد تكون كثيراً أو قليلاً . أما الفراغات البينية فى هذا الهيكل المستمر من الأكسجين والسليكون والألومنيوم فإنها تشغل بأيونات المغنسيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم فى حالات تتناسب مع نصف قطر أيون كل منها .

ونقيد لنا أن المعادن الغالبة فى تركيب القشرة الأرضية هى السيليكات والأكاسيد ، والى تتوقف خواصها المختلفة على الظروف الكيميائية والفيزيائية لنشأتها . ومن بين المجموعات المختلفة للمعادن السليكاتية التى تميز الصخور النارية والرئوية والتحولية وعروق الخامات وصخور البجماتيت والصخور المتحولة

والترتبة تقص علينا كل مجموعة منها شيئاً عن ظروف البيئة التي تكونت فيها. فإذا نظرنا إلى الصخور على أنها صفحات الكتاب الكبير الذي سجل فيه التاريخ الجيولوجي ، فإن المعادن هي الحروف التي طبعت بها صفحات هذا الكتاب ، وكلما فهمنا هذه الحروف وبنائهم سهل علينا قراءة هذا السجل . وهناك دافع آخر يحذو بنا إلى دراسة المعادن السليكاتية : إن التربة الزراعية التي منها نستمد غذاءنا يتكون معظمها من معادن السليكات ، كذلك مواد البناء والأسمنت ، والزجاج إما أن تتكون من معادن سليكاتية أو مستمدة من معادن سليكاتية ، وتمدنا معادن السليكات بالخصومات اللازمة لصناعة الخبز ، كما تسهم بنصيب كبير في حضارتنا ومستوى معيشتنا .

إن النسبة بين نصف قطر أيون السليكون الرباعي التكافؤ ($A_{٢٤}$) إلى نصف قطر أيون الأكسجين ($A_{١٦}$) تساوي ٠.٣١٨ . وتدل هذه النسبة على أن التناسق الرباعي يمثل الحالة المستقرة لمجموعات السليكون والأكسجين . إن الوحدة الأساسية في تكوين بناء جميع المعادن السليكاتية تتكون من أربعة أيونات أكسجين عند أركان شكل رباعي الأوجه Tetrahedron ، حيث تحيط بأيون السليكون الرباعي التكافؤ وتتناسق معه شكل (٢٠٠) ، (٢٠١) . وهذا الرباط القوي الذي يربط بين أيونات



شكل (٢٠١)



شكل (٢٠٠)

الأكسجين والسليكون هو في الحقيقة اللصام أو الأسمنت ، الذي يمسك مادة القشرة الأرضية فلا تسقط كسفا أو تراباً .

وبالرغم من أن المشاركة بين الالكترولونات موجودة في رباط الأكسجين-

السليكون ، إلا أن الطاقة الرابطة لأيون السليكون في مجموعها لا تزال موزعة بالتساوي بين جيرانه الأربعة : أيونات الأكسجين . وعلى ذلك ، فإن قرعة أهمه رباط سليكون - أكسجين بمفرده تساوي نصف مجموعة الطاقة الرابطة الموجودة في أيون الأكسجين ، ونتيجة لذلك ، يكون لكل أيون أكسجين المقدرة على الارتباط بأيون سليكون آخر ، والدخول في مجموعة أخرى رباعية الأوجه أى ترتبط مجموعتا رباعى الأوجه عن طريق أيون الأكسجين المشترك بينهما . وهذه المشاركة قد تتم عن طريق أيون أكسجين واحد من أيونات رباعى الأوجه الأربعة ، أو أيونين ، أو ثلاثة أيونات ، أو جميع الأيونات . الأربعة ، مما يؤدي إلى تكوين أنواع متباينة من البناءات الذرية السليكانية . ويمكننا أن نطلق على ارتباط المجموعات الرباعية الأوجه عن طريق المشاركة في ذرات الأكسجين اسم « بلمرة » polymerization ، مستعيرين هذا اللفظ من الكيمياء العضوية ، هذه البلمرة هي السبب في تنوع البنيات السليكانية .

وهناك علاقة بسيطة ، ولكنها في غاية الأهمية ، بين ظروف نشأة المعادن السليكانية ودرجة البلمرة ، هذه العلاقة هي : عندما تكون جميع العوامل الأخرى واحدة ، فإنه كلما ارتفعت درجة حرارة التكوين انخفضت درجة البلمرة ، والعكس صحيح . وتأثير هذه العلاقة بعدد من العوامل الخارجية ، أهمها الضغط ودرجة التركيب الكيميائية . ولقد أدت الملاحظات على الأجسام الصخرية النارية المتبلورة على تأكيد هذا الرأي بصفة عامة . فقد لوحظ منذ وقت طويل أن المعادن السليكانية في الصخور النارية تبنى نظاما وتتابعا في تبلورها (يمكن التنبؤ به) يتبدى بتبلور الأوليفين ، ثم البيروكسين ثم الامفيبول ثم الميكا . كذلك يتبدى هذا النظام بمعادن البلاجيوكليو الفنية بالكالسوم ، ثم ينتهى بالأرتوكليو والكوراتز (أنظر صفحة ٢١١) . ولقد أيدت التجارب العملية إلى قام بها الاستاذ برون Bowen وزملائه بالمعمل الجيوفيزيائي بواشنطن مثل هذا التتابع في تكوين المعادن السليكانية بانخفاض درجة الحرارة . ففي بدء عملية التبلور في الجمما يتكون الأوليفين غير المتبلر (درجات حرارة عالية) . وفي نهاية عملية التبلور يتكون الأرتوكليو والكوراتز المتبلران تبلرا كاملا (أيونات الأكسجين الأربعة في رباعى الأوجه الواحد جميعها مشتركة مع

بمجموعات رباعى أوجه أخرى) وذلك عند درجات الحرارة المنخفضة .

وبلى الألومنيوم عنصرى الأكسجين والسليكون فى الأهمية بالنسبة لبناء القشرة الأرضية . والألومنيوم ثلاثى التكافؤ نصف قطر أيونه يساوى ٥١ .
 ٨ . وتساوى النسبة بين نصف قطره ونصف قطر الأكسجين ٣٨٦ . وتقابل هذه النسبة عدد التناسق الرباعى . ولكن يلاحظ أن هذه النسبة بين نصفي القطرين مقارنة جداً للحد الأعلى لعدد التناسق الرباعى (أنظر جدول ٢١ صفحة ١٦٨) لدرجة أن عدد التناسق السداسى ممكن أيضاً بالنسبة للألومنيوم ومستقر تماماً مثل عدد التناسق الرباعى . وهذه المقدرة على القيام بدورين مختلفين فى بناء للمعادن السيليكاتية هى التى تكسب الألومنيوم أهميته البارزة فى الكيمياء البلورية للسيليكات ، فعندما يتناسق الألومنيوم مع أربعة ذرات أكسجين عند أركان رباعى الأوجه الأربعة ، فإن المجموعة الناتجة تشغل نفس الفراغ الذى يشغله رباعى الأوجه المكون من السليكون والأكسجين . ويمكن أن ترتبط مع رباعيات أوجه سليكونية مكونة مجموعات متبلورة . ومن ناحية أخرى يمكن لأيون الألومنيوم السداسى التناسق أن يقوم بربط مجموعات رباعية الأوجه ببعضها البعض بواسطة رابطة أيونية بسيطة ، أكثر ضعفاً من تلك الرابطة التى تربط السليكون بالأكسجين فى رباعى الأوجه ، وعلى ذلك ، فمن الممكن أن يوجد الألومنيوم فى البنىات السيليكاتية فى كل من :

١ - مركز رباعى الأوجه ، ذو التناسق الرباعى ، حيث يحل محل السليكون .

٢ - مركز ثمانى الأوجه ، ذو التناسق السداسى ، حيث يحل محل المغنسيوم والحديد الثانى والثلاثى التكافؤ فى هيئة محاليل جامدة .

ويميل كل من المغنسيوم ، والحديد ثنائى التكافؤ ، والمغنيز ثنائى التكافؤ والألومنيوم والثيتانيوم رباعى التكافؤ إلى الوجود فى البنىات السيليكاتية فى حالة سداسية التناسق بالنسبة للأكسجين . وبالرغم من أن هذه الأيونات ثنائية وثلاثية ورباعية التكافؤ إلا أن ما تتطلبه من فراغ يسكاد يكون واحداً ، وأن لها نفس نسبة نصف القطر إلى الأكسجين تقريباً ، وعلى ذلك تميل إلى أن تشغل نفس النمط type من المواقع الذرية . ويجب ألا يغيب عن هذا الذهن أنه فى حالة استبدال أيون ثنائى بآخر ثلاثى التكافؤ ، لابد أن يحدث فى مكان ما فى البناء

الذى استبدال آخر بين أيون ثنائى التكافؤ وآخر أحادى التكافؤ حتى يتبع بناء متعادل الشحنات الكهربائية .

أما الكاتيونات الاكبر حجما وأقل شحنة كهربائية ، وهى الكالسيوم والصوديوم . نصف قطر أيوبهما ٨٠,٩٩ ، ٨٠,٩٧ على التوالى ، فاهما يتخذان مواقع عدد تناقصها يساوى ٨ ، أى تتأق مكمي ، بالنسبة للأكسجين . وعند ما يحل الكالسيوم محل الصوديوم فإن ذلك سوف يؤدي إلى عدم توازن الشحنات الكهربائية ، الامر الذى يحتم أن يتم فى نفس الوقت استبدال آخرين كأيون اللانثان التكافؤ وآخر رباعى التكافؤ . فمثلا ، إذا حل أيون ألومنيوم محل أيون سليكون فى موقع رباعى التناقص ، تكون النتيجة أن يفقد البناء الذرى شحنة موجبة ، وفى هذه الحالة لا بد أن يحل الكالسيوم محل الصوديوم فى موقع ثنائى التناقص ، وبذلك يحتفظ البناء الذرى بالتوازن والتعادل بين شحناته الكهربائية وهذا ما يحدث فى البناء الذرى لمعادن الفلسبار الصودية الكلسية ومعادن سكاوبوليت ، حيث يحل كل من الصوديوم والكالسيوم محل بعضها البعض بكل حرية .

أما أكبر الايونات حجما والشائعة فى بناء السيليكات فهى أيونات اليوتاسيوم والروبيديوم والباريوم والفلويات الارضية . ولا تحتل هذه الايونات عادة مواقع الصوديوم والكالسيوم ، بل توجد فى مواقع ذات عدد تناقص عال ذى نمط فريد . وعلى ذلك فإن علاقات المحاليل الجمادة بين هذه الايونات وبين الايونات الشائعة محدودة ، وتكون عادة محصورة فى البنيات المكونة فى درجات الحرارة العالية ، حيث تسهل الظروف تكوين المحاليل الجمادة .

وبالاختصار ، نلاحظ — كما هو مبين فى جدول (٣٠) — أن الإحلال أو الاستبدال الايونى شئ شائع وعام بين العناصر الميئة رموزها بين أى زوج من المخطوط الاقنيه فى الجدول ، ولكنه شئ نادر وصعب بين العناصر التى تفصلها خطوط أفقية . ويمكننا هذا التعميم فى العلاقات الاستبدالية بين العناصر الشائعة من كتابة التركيب الكيميائى للسيليكات فى هيئة قانون عام ، هكذا :

$$X_m Y_n (Z_p O_q)_r W_z$$

عدد التناسق	الأيون +	نصف اطر الأيون (A)	نبة RA : RO
Z	٤	Si ⁴	٠.٣٠٠ -
	٤	Al ³	٠.٣٦٤
Y	٦	Al ³	٠.٣٦٤
	٦	Fe ³	٠.٤٥٧
	٦	Mg ²	٠.٤٧١
	٦	Ti ⁴	٠.٤٨٦
	٦	Fe ²	٠.٥٥٩
	٦	Mn ²	٠.٥٧١
X	٨	Na	٠.٦٩٤
	٨	Ba ²	٠.٧٠٧
X	٨-١٢	K	٠.٩٥٠
	٨-١٢	Ba ²	٠.٩٥٧
	٨-١٢	Rb	١.٠٥٠

جدول (٣٠) عدد التناسق لعناصر المكونة للسايتات

حيث X تمثل الايونات الكبيرة الحجم ، والمنخفضة الشحنة ، وعدد تناسقتها ٨ أو أكثر (من الأكسجين) ، Y تمثل الايونات المتوسطة الحجم ، الثنائية أو الثلاثية أو الرباعية التكافؤ وعدد تناسقتها ٦ ، Z تمثل الايونات الصغيرة عالية الشحنة وعدد تناسقتها ٤ ، O عبارة عن الأكسجين ، W تمثل مجموعات انيونية إضافية مثل (OH) ، او انيونات مثل Cl⁻ ، F⁻ ، البغ ، وتتوقف نسبة p : q على درجته بلورة الهيكل السيليكاتى ، اما بقية الحروف m ، n ، r التى تمثل كميات متغيرة . فتتوقف على ظروف التبادل الكهربائى فى السيليكات . ويمكننا ان نعبر عن تركيب اى معدن سيليكاتى شائع باستبدال الرموز الموجودة فى هذا القانون العام بالعناصر الموجودة فى ذلك المعدن . مثلا ، فى معدن بيرويت : القانون العام هو $X_m Y_n (Z_p O_q W_r)$

وقانون المعدن هو $K (Mg, Fe)_2 (AlSi_8O_{10}) (OH)_2$

وعلى اساس درجة البلورة بين رباعيات الارجح ، ومدى المشاركة فى ايونات الاكسجين الاربعة ، يتكون الهيكل السيليكاتى لـ ١٤ من رباعيات أوجه منفصلة

٢٠ رباعيات أوجه مضاعفة ولكن منفصلة ، أو من سلسلة مفردة ، أو سلسلة مزدوجة. أو صفائح. أو هيكل متشابك في أبعاد ثلاثة. وتستعمل النسبة $p : q$ في القانون العام للمعادن السيليكاتية (السليكون : الأكسجين) كأساس لتصنيف هذه المعادن ، إذ تتوقف الخواص الفيزيائية للمعدن واستقراره الكيميائي إلى حد كبير على هذه النسبة .

وحتى عام ١٩٣٠، كانت تحاليل السيليكات تفسر عادة بالنسبة إلى أحماض افتراضية للسليكون . فثلاً، الأوليفين Mg_2SiO_4 كان يسمى أرثوسيليكات ، وكان يعتبر ملحاً لحامض الأرثوسيليك H_2SiO_4 : أما الإلستائيت $MgSiO_3$ فكان يسمى ميتاسيليكات : وكان يعتبر ملحاً لحامض الميتاسيليك H_2SiO_3 . ولكننا نعلم الآن. نظراً إلى أن رابطة الهيدروجين رابطة ذات طبيعة غريبة ، أن مثل هذه الأحماض لا أهمية لها بالمرة بالنسبة للسيليكات ، وتمنخفض هذا الدخان من الأفكار المنشورة عن طبيعة السيليكات إلى أفكار سليمة بنيت على أساس البناء الذري تنتم بها الاستاذان براج وراج . وتصنف المعادن السيليكاتية الآن على أساس البناء الذري كما يلي : جدول (٣١) .

القسم .	ترتيب رباعيات الأوجه المكونة من	نسبة SiO_2	مثال من المعادن
نيزوسيليكات Nesosilicates	منفصلة	١ : ٤	أوليفين $(Mg, Fe)_2SiO_4$
سوروسيليكات Sorosilicates	مزدوجة	٢ : ٧	هيببورفيت $Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2 \cdot H_2O$
سيكوسيليكات Cyclosilicates	حلقات	١ : ٣	بيريل $Be_3Al_2(Si_6O_{18})$
أينوسيليكات Isosilicates	$\left. \begin{array}{l} \text{(مفردة)} \\ \text{سلاسل} \\ \text{(مزدوجة)} \end{array} \right\}$	١ : ٣	إلستائيت $Mg_2Si_2O_6$
		٤ : ١١	سرعوليت $Ca_2Mg_6(Si_4O_{22})(OH)_2$
فيلوسيليكات Phyllosilicates	صفائح	٢ : ٥	تلك $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$
تكتوسيليكات Tectosilicates	هيكل	١ : ٢	كوارتز SiO_2

جدول (٣١) : تصنيف المعادن السيليكاتية

(في هذا الجدول اشتقت هذه الصفات من اللغة اليونانية . نيزو : جورة ، سورو : مجموعة ، سيكلو : حلقة ، أيتو : سلسلة ، فيلو : صفحة ، تكتو : هيكل)

المعادن النيزوسليكاتية

يضم هذا القسم جميع البنيات السليكاتية ذات رباعي الأوجه SiO_4 المنفصل وترتبط ورباعيات الأوجه بعضها ببعض فقط عن طريق الكاتيونات البينية . وتوقف هذه البنيات أساساً على حجم وشحنة هذه الكاتيونات البينية ، فقد تكون هذه الكاتيونات صغرة الحجم مثل الحديد (الثاني التكافؤ) والمغنسيوم كما في معادن الأوليفين $[(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4]$ ، أو أيونات كبيرة الحجم لسيامثل الزرقونيوم (معدن الزرقون ZrSiO_4) والثوريوم (معدن الثوريت ThSiO_4) واليورانيوم (معدن كوفينيت U_2SiO_7) . وقد تحمل مجموعات (OH) لإحلالاً جزئياً محل SiO_4 . أما في مجموعة معادن الجارنت فترتبط مجموعات رباعي الأوجه بعضها ببعض عن طريق نوعين من الكاتيونات . نوع ثنائي التكافؤ كبيرة الحجم (المغنسيوم والحديدوز والمنجنيز والكالسيوم) ، ونوع ثلاثي التكافؤ أصغر حجماً (الألومنيوم والكروميوم والحديدك) ، ويكون لها القانون العام $\text{A}_2\text{B}_2(\text{SiO}_4)_3$ حيث A تمثل الكاتيونات الثنائية التكافؤ ، B تمثل الكاتيونات الثلاثية التكافؤ .

ويضم هذا القسم أيضاً الأشكال المتعددة الثلاثية للتركيب الكيميائي Al_2SiO_5 المعروفة بأسماء سيلمينيت وكيانيت وأندلويسيت وجميعها ذات هيئة الياقية وتوجد بصفة مميزة في الصخور المتحولة .

كما يضم هذا القسم معادن توبازوستوروليت وداتوليت وديموريت وجميعها ذات بنى متعدة نتيجة لوجود الهيدروكسيد والفلورين والبورون في تركيبها الكيميائي . أما في معدن سفين TiSiO_6 فتوجد إحدى أيونات الأكسجين غير تابعة لرباعي الأوجه المنفصل .

وتصنف المعادن التابعة لهذا القسم كالآتي :

مجموعة فيناسيت

الفلان	$\text{Be}_2(\text{SiO}_4)$	Phenacite	فيناسيت
الفلانيت	$\text{Zn}_2(\text{SiO}_4)$	Willemite	ويليميت

مجموعة الأوليفين

المعنى العام	$\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)$	Forsterite	فورستريت
المعنى الخاص	$\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)$	Fayalite	فياليت

مجموعة الجارنت

الكسب	$\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	Pyrope	بيروب
"	$\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	Almandite	ألمنديت
"	$\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	Spessartite	سبارتيت
"	$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	Grossularite	جروسولاريت
"	$\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$	Andradite	أندراديت
"	$\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$	Uvarovite	يوناروفيت

مجموعة الزمرد

الزبرجد	$\text{Zr}(\text{SiO}_4)$	Zircon	زركون
---------	---------------------------	--------	-------

مجموعة سليكات الأولومبيوم $[\text{Al}_2\text{SiO}_5]$

المعنى العام	Al_2SiO_5	Andalusite	أندالوسيت
المعنى الخاص	Al_2SiO_5	Sillimanite	سيليمانيت
الميل الثلاثي	Al_2SiO_5	Kyanite	كيانيت
المعنى العام	$\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{F}, \text{OH})_2$	Topaz	توباز
الميل الواحد	$\text{Fe}_2\text{Al}_6\text{O}_7(\text{SiO}_4)(\text{O}, \text{OH})_2$	Staurolite	ستوروليت

مجموعة كوندروبيت

البيل الواحد	$Mg_3(SiO_4)_2(OH, F)_2$	Chondrodite	كوندروبيت
	$CaB_2(SiO_4)(OH)_2$	Datolite	داتوليت
	$CaTiO(SiO_4)$	Sphene	سفين

مجموعة فيناسيت

فيتايت (Be_3SiO_4)

فصيلة الثلاثي. الصلادة = ٧ - ٨. الوزن النوعي = ٢,٩٧ - ٣,٠٠.
الإنقسام غير كامل {٠.٢١١}. البريق زجاجي. اللون أبيض، شفاف أو
نصف شفاف. فيناسيت معدن نادر، يوجد في جدد البجماتيت مصاحباً للتوبازير
كربزوبيريل، بيريل، أباتيت. قد يستعمل المعدن كحجر كريم.

ويليبيت (Zn_3SiO_4)

فصيلة الثلاثي. كتلي أو حبيبي. الصلادة = ٥. الوزن النوعي = ٣,٩
- ٤,٠٢. الإنقسام {١.٠٠٠}. البريق زجاجي أو راتنجي. اللون أخضر مائل
للأصفرار، أو أحمر أو بني، قد يكون أبيضاً عندما يكون نقياً، شفاف أو نصفه
شفاف. بعض العينات (من منطقة فرانككاين بولاية نيوجرسي بأمريكا) لها
خاصية التضموه. قد يوجد المتجذر حالاً محل الزنك.
يوجد المعدن في الصخور الجيرية المتحولة. نتيجة في بعض الأحيان لتحوله
معدن هيميمورفيت أو ميميسونيت. يعتبر المعدن خاماً مهماً للزنك.

مجموعة الأوليفين

أوليفين [$(Mg, Fe)_2(SiO_4)$]

يتبلور للمعدن في فصيلة المعيني القائم، نظام الهرم المنعكس، تتكون البلورات
عادة من ثلاثة منشورات وثلاثة مستطوحات وهرم منعكس. يوجد المعدن عادة

في هيئة كتل حبيبية أو حبيبات منتشرة وسط معادن أخرى . الصلادة = ٦,٥
 — ٧ . الوزن النوعي = ٣,٢٧ — ٤,٠٤ (توقف على كمية الحديد بالمعدن) .
 اللون مخار . البريق زجاجي . اللون أخضر زيتوني إلى أخضر رمادي
 أو بني . شفاف أو نصف شفاف .

التركيب الكيميائي : سليكات المغنسيوم والحديدوز ، (Mg, Fe_2SiO_4)
 توجد متسلسلة كاملة من التشابه الشكلي بين الفورستريت Mg_2SiO_4 Forsterite
 وبين النيباليت Mg_2SiO_4 Fayalite . وأغلب أنواع الأوليفين انتشاراً هي
 الفنية بالمغنسيوم .

الأوليفين من المعادن الشائعة نسبياً والمكونة للصخور ، وتختلف كمية وجوده
 في الصخر من معدن إضافي إلى معدن أساسي يكون معظم الصخر . يوجد المعدن
 بصفة رئيسية في الصخور الداكنة اللون الفنية بالحديد والمغنسيوم مثل صخور
 الجابرو والبرويدريت والبارلت . وهناك نوع من الصخور فوق القاعدية يعرف
 بإسم الدونيت Donite يتكون كله تقريباً من معدن الأوليفين . ويوجد المعدن
 كذلك كحبيبات زجاجية في التيازك Meteorites . وأحياناً يوجد المعدن في
 الصخور الجبلية والبولوميتية المتحولة . يصاحب الأوليفين معادن البيروكسينات
 والبلاجيوكليزات القاعدية والماجنتيت والسكراندوم والسكروميست والسربنتين .
 يعرف النوع الأخضر الشفاف من المعدن بإسم الوبرجد Peridot ، وقد
 استعمل قدماء المصريين هذا المعدن كحجر كريم . يوجد المعدن في جزيرة
 الوبرجد St. John's Island بالبحر الأحمر جنوب موسى علم .

الأوليفين من المعادن التي تتحلل بسهولة بواسطة العوامل الجوية حيث
 يـتحول إلى معادن السربنتين وأيضاً معادن الماغنيزيت وأكاسيد الحديد .
 يُدعى باسم مشتق من لون المعدن الأخضر الزيتوني olive green ، ولذلك يطلق
 عليه أيضاً في اللغة العربية اسم « الزيتوني » .

مجموعه معادن الجارنت

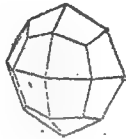
تشمل هذه المجموعة عدة أنواع من الجارنت تبلور كلها في فصيلة المكعب

نظام سداسي الثنائي الأوجه، وتتشابه جميعاً في هيتها وتركيبها الكيميائي الأساسي ولكن العناصر الداخلة في هذا التركيب تختلف اختلافاً بيناً .

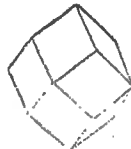
ينظف على بلورات هذه المادان أشكال الإثني عشر وجهاً معيّنًا ، شكل (٢٠٢) والأربعة وعشرون وجهاً منحرفاً ، شكل (٢٠٣) ، حيث يوجد الشكلان مجتمعان مع بعضهما عادة على البلورة الواحد ، شكل (٢٠٤) .



شكل (٢٠٤)



شكل (٢٠٣)



شكل (٢٠٢)

الصلادة = ٦,٥ — ٧,٥ الوزن النوعي = ٣,٥ — ٤,٣ (يتغير حسب تغير التركيب الكيميائي) ، الرقيق زجاجي أو راتنجي . اللون متغير حسب التركيب الكيميائي ، ولكن تكثر الألوان الحمراء ، وكذلك اللون البني والأصفر ، الأبيض والأخضر والأسود ، المخدش أبيض ، شفاف أو نصف شفاف .

التركيب الكيميائي : معادن الجارنت عبارة عن سليكات ينطبق عليها القانون $A_2B_2(SiO_4)$ حيث A تمثل الأيونات ثنائية التكافؤ مثل الكالسيوم والمنغنسيوم والحديدوز والمنجنيز ، B تمثل الأيونات ثلاثية التكافؤ مثل الألومنيوم والحديدك والتيتانيوم والكروميوم . وفيما يلي بيان بالأنواع المختلفة وتركيبها الكيميائي (انظر القانون الكيميائي على صفحة ٣٦٨) ووزنها النوعي :

الوزن النوعي	التركيب الكيميائي	اسم نوع المعدن
٣,٥٨	سليكات منغنسيوم وألومنيوم	بيروم
٤,٣٣	سليكات حديدوز وألومنيوم	ألومندين
٤,٦٩	سليكات منجنيز وألومنيوم	سباريت
٣,٥٩	سليكات كالسيوم وألومنيوم	جروبولاريت
٣,٨٦	سليكات كالسيوم وحديدك	أ. د
٣,٨٠	سليكات كالسيوم وكروميوم	و. د

بيروبو : لونه أحمر قاني أو أسود تقريباً . يوجد عنصر الكالسسيوم والحديد عادة ضمن التركيب الكيميائي للمعدن . شفاف وتعمل هذه الأنواع كحجر كريم .

المونريث : لونه أحمر رائق . تستخدم الأنواع الشفافة منه في الأحجار الكريمة ، أما الأنواع الأخرى فهي نصف شفافة ذات لون بني مائل للاحمرار . قد يوجد عنصر الحديدك (محل الألومنيوم) والمغنسيوم (محل الحديدوز) .

سبستريت : اللون بني أو أحمر ، قد يحل الحديدوز محل جزء من المنجنيز وكذلك الحديدك محل جزء من الألومنيوم .

مروسيوبوريت : اللون أبيض أو أخضر أو أصفر أو بني مائل للاحمرار أو أحمر باهت . يحتوي عادة على الحديدوز (محل الكالسسيوم) والحديدك (محل الألومنيوم) .

أنزرايت : اللون يختلف ما بين الأصفر والأخضر والبني والأسود . وقد يحل الألومنيوم محل الحديدك والحديدوز والمنجنيز والمغنسيوم محل الكالسسيوم .
بوفاروفيت : اللون أخضر زمردى .

درجة انتحار معادن الجارنت هي ٣ - ٣,٥ باستثناء بوفاروفيت الذي لا ينص ، وتعتبر الأنواع الحديدية (المونديت وأندرايت) إلى كرات مغناطيسية . لا تلذوب معادن الجارنت في الأحماض .

تميز معادن الجارنت ببلوراتها المكعبة وصلادتها وألوانها . وقد يحتاج الأمر إلى التحليل الكيميائي للفرقة بين الأنواع المختلفة . ولكن يمكن الاستعانة عن التحليل الكيميائي بتعيين الوزن النوعي ومعامل الانكسار التي تؤدي إلى التفرقة بينها .

الجارنت من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار . حيث يوجد المعدن كحجر إضافي في الصخور المتحجرة وكذلك في عروق البجماتيت وفي بعض أنواع الجرانيت . أما الجروسيلولاريت فإنه يوجد بصفة أساسية في الصخور الجيرية

المتحولة نتيجة للتحويل الحرارى أو الإقليمي . ويحتوى الشست الميكائى على نوع الألومنديت . أما البيروب فإنه يوجد عادة فى صخور البيريدونيت والبريتين الناتجة من تحولها . أما سباريت فيوجد فى صخر الزبوليت . ويوجد اليوفاروفيت فى صخر البريتين مع معدن كروميت . كذلك يوجد معدن الجارنت كحبيبات مستديرة ضمن رمال الشواطئ . فى بعض الأماكن مثل الرمال السوداء عند رشيد ودمياط .

يستعمل معدن الجارنت (الأخضر والاحمر الشفاف) كحجر كريم متوسط الثمن . وتستهلك كميات كبيرة من المعدن العادى فى صناعة أحجار التيجليخ وورق الصنفرة وأحجار الطحن والنتر وذلك نتيجة لصلادة المعدن العالية .

مجموعة الزرقون

زرقون $[Zr(SiO_4)]$

يتبلور المعدن فى فصيلة الرباعى ، نظام الهرم المنعكس الرباعى المزدوج . يوجد على البلورة مجموعة بسيطة من شكلى للفثور والهرم المنعكس من الرتبة الأولى ، شكل (٢٠٥) ، (٢٠٦) ، (٢٠٧) . كذلك يوجد المعدن فى هيئة حبيبات غير منتظمة . الصلادة = ٧,٥ . الوزن النوعى = ٤,٦٨ . البريق الماسى . اللون بى ، كذلك توجد عينات عديمة اللون أو رمادية أو خضراء أو حمراء . المخدش عديم اللون . نصف شفاف .



شكل (٢٠٧)



شكل (٢٠٦)



شكل (٢٠٥)

التركيب الكيميائى : سليكات الزرقونىوم ، $Zr(SiO_4) \cdot ZrO_2 = SiO_2 \ ٦٧,٢\% = ٣٢,٨\%$. لا ينصهر المعدن ولا يذوب فى الأحماض . إذا سخنت قطعة صغيرة من المعدن بشدة فى المهب فإنها تتوهج وتعطى ضوءاً أبيضاً . يتميز المعدن بشكله البلورى ولونه وبريقه وصلادته ووزنه النوعى العالى .

معادن الزرقون من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار في جميع أنواع الصخور النارية ، ويطلب وجوده في الأنواع الحضية مثل الجرانيت والجرانودوريت والسيانيت والمونزونيت ويكثر وجوده في صخر السيانيت النيفيليني . يوجد المعدن كذلك في الصخور الجيرية المتحولة والست والتيس . كذلك يكثر وجوده في هيئة حبيبات مستديرة في رمال الشواطئ النهرية والبحرية مثل رمال شاطئ رشيد ودمياط ، وكذلك رمال شواطئ استراليا والبرازيل وفلوريدا .

توجد الأنواع المستعملة في الأحجار الكريمة في رمال أشواطئ النهرية بمنطقة ماتورا ببريلانكا وفي الحصى المختلط بالذهب في جبال الأورال وأستراليا أما البلورات الكبيرة من المعدن فأنها توجد في جزيرة مدغشقر .

تستعمل الأنواع الشفافة من المعدن في الأحجار الكريمة ، ويستعمل المعدن العادي كمصدر لاكسيد الزرقونيوم الذي يستخدم في صناعة الجرايات التي تعمل درجات عالية من الحرارة دون أن تنصهر .

من الأنواع المشابهة للزرقون في الشكل والبناء ، معدن الثوريت $Tb(SiO_3)$

مجموعة معادن سيليكات الألومنيوم $[Al_2SiO_5]$

أندلسيت $[Al_2SiO_5]$

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس . يوجد عادة في هيئة منشورات مربعة متشبة بالسلطوح القاعدية . الصلادة = ٧.٥ . الوزن النوعي = ٣.١٦ - ٣.٢٠ - البريق زجاجي . اللون أحمر باهت أو بني مائل إلى الأحمر أو أخضر زيتوني . يحتوى النوع المسمى باسم كياستوليت *Chiastolite* على شوائب كربونية سوداء اللون مرقبة في هيئة صليب . شفاف أو نصف شفاف أو معتم .

يشبه المعدن بأشكاله البلورية المنشورية المربعة تقريباً وصلادته العالية وعدم انصهاره . أما النوع المسمى « كياستوليت » فيسهل تمييزه بواسطة محتوياته الكربونية المربعة في هيئة صليب .

يتكون معدن أندلوسيت في الطبيعة نتيجة للتحول الحرارى للصخور الطليقة والإردواز . وقد يتكون المعدن نتيجة للتحول الإقليمي للصخور وخصوصاً التي يتصل تحولها بتدخل الجرانيت .

سيلمنيت (Al_2SiO_5)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المتعكس . يوجد في هيئة بلورات رفيعة غالباً في مجموعات متزاوية . كذلك يكثف وجود البلورات الإبرية . الصلادة = ٦ - ٧ . الوزن النوعي = ٣,٢٢ . الانفصام كامل وموازي للمسطوح الجانبى { ١٠ } . البريق زجاجى . اللون بى أو أخضر باهت أو أبيض . شفاف أو نصف شفاف .

يعتبر معدن السيلمينيت من المعادن النادرة نسبياً . يوجد المعدن في صخور الشست والتيس ذات التحول الحرارى المتأخر . يلاحظ المعدن عادة معدن كوراندوم .

كيانيت (Al_2SiO_6)

يتبلور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة . نظام المسطوح . يوجد عادة في هيئة بلورات طويلة لوحة غير منتجة بأوجه بلورية ، كذلك يوجد في هيئة مجموعات فضلية bladed . الصلادة = ٥ في اتجاه موازى لطول البلورة ، ٧ في اتجاه متعامد على طول البلورة . الانفصام مسطوحى { ٠٠١ } كامل . الوزن النوعي = ٣,٥٦ - ٣,٦٦ . البريق زجاجى أو لؤلؤى . اللون غالباً أزرق يزداد عمقا تجاه الداخل . كذلك توجد بعض العينات بيضاء أو رمادية أو خضراء اللون . يتميز المعدن ببلوراته النفضية ولونه الأزرق والاختلاف الواضح في صلادته باختلاف الاتجاه . يوجد في الصخور المتحولة (التيس والشست) .

توباز $[Al_2(SiO_3)(F,OH)_2]$

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المتعكس . البلورات منشورية منتجة بأهرامات ومسطوح قاعدى . أسطح المنشور تكون عادة مخططة . ينفذ

وجود المعدن في هيئة بلورات ولو أنه يوجد في بعض الأحيان في هيئة كتل متبلورة أو حبيبية خشنة أو دقيقة الحبيبات .

الصلادة = ٨ . الوزن النوعي = ٣.٥ - ٣.٦ . الانقسام كامل ووازي للسطوح القاعدى { ١٠٠ } . البريق زجاجى . اللون أصفر مثل الفخار ومائل للاحمرار أو الزرقاء أو الخضرة . شفاف أو نصف شفاف . يتميز المعدن بشكله البلورى وانقسامه القاعدى وصلادته العالية (٨) ووزنه النوعى العالى .

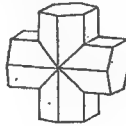
يتكون معدن التوباز في الصخور نتيجة لتفاعل الأيغرة الحاملة للفلورين والمنطقة في المراحل الأخيرة من تجمد الجما غقب تبلور الصخور النارية . يوجد المعدن في فجوات في صخور الريوليت البركاني . وكذلك في الجرانيت والجهانيت خصوصاً الأنواع التي تحتوي على القصدير . ويصاحب المعدن التورمالين والسكاستريت والابائيت والفلوريت والبيريل (الزمرد) والكوارتز والميكا والفسبار . أحياناً يوجد المعدن كحبيبات مستديرة في رمال المياه الجارية . يتعمل المعدن كحجر كريم .

ستوروليت $[Fe_9Al_9O_6(SiO_4)_4(O,OH)_2]$

يتبلور المعدن في فصيلة المعينى القائم . نظام الهرم المنعكس . البلورات منشورية ، شكل (٢٠٨) . يكثف وجود البلورات التوأمية في هيئة صليب ، شكل (٢٠٩) ، (٢١٠) . يندر وجود المعدن في هيئة مجموعات .



شكل (٢١٠)



شكل (٢٠٩)



شكل (٢٠٨)

الصلادة = ٧ - ٧.٥ . الوزن النوعي = ٣.٦٥ - ٣.٧٥ . البريق زجاجى أو راتنجى عندما يكون المعدن غير متحلل ، ولكنه يصبح معتماً أو

مظفيا عندما يتحلل أو يحتوى على شوائب . اللون بنى مائل إلى الاحمرار أو أسود بنى ، نصف شفاف أو معتم .

معادن ستوروليت ، من المعادن الإضافية فى صخور الشست المتبقرة والاردواز وفى بعض الأحيان التيس . يصاحب المعدن عادة الجارنت واليكياتيت والتورمالين .

مجموعة كوندروديت



يقبلور المعدن فى فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . يوجد فى هيئة حبيبات أو كتل . الصلادة = ٦ — ٦ ½ . الوزن النوعى = ٣.١ — ٣.٢ . الريق زجاجى أو راتجى . اللون أصفر باهت أو أحمر . نصف شفاف .

التركيب الكيميائى : سليكات المغنسيوم الفلورية ، ويحل الهيدروكسيد محل الفلورين . كما أن الحديد يحل محل جزء من المغنسيوم . تشمل مجموعة كوندروديت أربعة أنواع هى : نوربجيت ، كوندروديت ، هيوميت ، كلينو هيوميت . ومعادن كوندروديت أكثر معادن هذه المجموعة انتشاراً ، حيث يوجد فى الصخور الجيرية الدولوميتية المتحولة مصاحبا معادن فلوجويت . سينيل ، بيرونيث ، جرافيت .

داتوليت $[CaB(SiO_3)(OH)]$

يقبلور المعدن فى فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . يوجد عادة فى هيئة بلورات أو حبيبات . كذلك يوجد فى هيئة كتلية متماصة تشبه الخرف المظنى الصلادة = ٥ — ٥ ½ . الوزن النوعى = ٣.٨ — ٣.٩ . الريق زجاجى عديم اللون أو أبيض . عادة مائل للخضرة . شفاف أو نصف شفاف .

داتوليت معدن ثانوى النشأة . يوجد عادة فى التفجرات الموجودة فى طفوح البازلت والصخور المشابهة حيث يصاحب معادن الزبوليت والبرمزيث وأبو- نيليت وكالسيت .

سفين $[CaTiO(SiO_3)]$

(يعرف أيضاً بأسم تيتايت)

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . تختلف البلورات في هياتها . تأخذ الأشكال البلورية الموجودة على المعدن شكل الرند wedge-shaped الصلادة = ٥-٥.٥ ، الوزن النوعي = ٣.٤ - ٣.٥٥ . الانقسام منشوري أو بسقوفى . البريق راتنجى أو الماسى . اللون رمادى أو بنى أو أخضر أو أصفر أسود . شفاف أو نصف شفاف .

سفين من المعادن الإضافية الشائعة نسبياً في الصخور النارية مثل الجرانيت والجرانودوريت والديوريت والسيانيت النيفيلينى حيث يوجد في هيئة بلورات صغيرة . كذلك يوجد في هيئة بلورات كبيرة نسبياً في الصخور المتحولة مثل النيس والشت والأحجار الجيرية المتبلورة . يصاحب عادة معدن كلوريت .

ديوريت $[(Al,Fe)_2O_3(BO_3)(SiO_4)]$

يتبلور المعدن في فصيلة المعنى القائم . يوجد عادة في هيئة مجموعات متبلورة أليافية أو عمداية ، غالباً شعاعية . الصلادة = ٧ . الوزن النوعي = ٣.٢٦-٣.٢٦ . الانقسام {٠.١} ضعيف . البريق زجاجى . اللون أزرق أو أزرق مائل للخضرة أو بنفسجى أو وردى . شفاف أو نصف شفاف . التركيب الكيماوى : سليكات الألومنيوم البورونية . يوجد المعدن في صخور الشست والنيس ، وفي أحوال نادرة يوجد في جدد الجماثيت . يستغل المعدن من مناجمه بولاية نيفادا بأمريكا حيث يستخدم فى صناعة الخزف من النوع الجيد جداً .

المعادن السوروسليكاتية

يضم هذا القسم المعادن التى تتميز بوجود مجموعات مزدوجة لرباعى الأوجه مكونة من رباعى أوجه SiO_4 مرتبطين عن طريق اشتراكهما فى ذرة أكسجين شكل (٢١١) ، (٢١٢) . وتكون نسبة السليكون إلى الأكسجين فى مثل هذا البناء كنسبة ٢ : ٧ .



شكل (٢١٢)

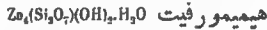


شكل (٢١١)

وتعتبر مجموعة معادن الأليدوت أهم المعادن التي تنتمي إلى قسم السوروسليكات ، ويحتوى بناء الأليدوت المتقدم على مجمعات من SiO_4 للنفصلة و Si_2O_7 . وفى التركيب الكيميائى يوجد نوعان من الكاتيونات فى الأليدوت ، مثله فى ذلك مثل الجارنت . فتتضمن الأنواع المثلة بالرمز X الكاتيونات الكبيرة نسبياً والضعيفة الشحنة مثل الكالسيوم والصوديوم . أما النوع الثانى Y فيضم الكاتيونات الأصغر والأعلى شحنة مثل الألومنيوم والحديدك والمنجنيز ثلاثى التكافؤ وفى حالات نادرة المنجنيز ثنائى التكافؤ . وعلى ذلك يمكن كتابة القانون العام للأليدوت هكذا $\text{X}_2\text{Y}_2\text{O}(\text{SiO}_4)_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$.

وجميع أفراد مجموعة الأليدوت (باستثناء زويست) مشابهة البناء ، وتبلور فى فصيلة الميل الواحد حيث تستطيل فى اتجاه المحور ب .

وتضم مجموعة المعادن السوروسليكاتية . بالإضافة إلى مجموعة معادن الأليدوت ، معادن فيزوفيانيت (الذى له بناء ذرى مشابه للأليدوت . أى يحتوى على كل من SiO_4 ، Si_2O_7) وهيمورفيت ولاوسونيت وبريجيت .



يتبلور المعدن فى فصيلة المعنى القاتم ، نظام الهرم . البلورات لوحية موازية للسطوح الجانبى . يوجد المعدن عادة فى هيئة مجموعات بلورية حيث تلتصق البلورات بنهاياتها السفلى ، وقد تفرق البلورات عن بعضها البعض فتبدو كمجموعات دائرية . كذلك توجد المجموعات البلورية للمعدن فى هيئة كروية أو حبيبية أو استلاكتينية أو ترابية

الصلادة = ٤ - ٥ . الوزن النوعي = ٢.٤ - ٢.٥ . الانقسام منشوري { ٠.١١ } . البريق زجاجي . اللون أبيض ولكنه في بعض الأحيان يكون أزرقاً باهتاً أو أخضر باهتاً . شفاف أو نصف شفاف . المعدن لخاصية الكهرباء الحرارية واضحة .

معدن هيميمورفيت من المعادن التانوية النشأة حيث يوجد في الاجزاء العليا المتأكسدة من رواسب الزنك . ويصاحب المعدن معادن هيميشونيت وسفاليريت وسيرويت وانجلزيت وجالينا . يستعمل المعدن كنظام للزنك .

مجموعة معادن الايدوت

تشكون معادن الايدوت من عدة سلكات الألومنيوم والكالسيوم المقعدة ولها القانون العام $X_2Y_2O(SiO_4)(Si_2O_7)(OH)$ ، جدول (٤٢) . وتباور معادن هذه المجموعة باستثناء الزويسيت في فصيلة الميل الواحد .

المعدن	Y	X
كابتوزويسيت	Al	Ca
ايدوت	Al, Fe ⁺⁺⁺	Ca
بيد مونيت	Al, Fe ⁺⁺⁺ , Mn ⁺⁺	Ca
الانيت	Al, Fe ⁺⁺⁺ , Be, Mg, Mn ⁺⁺	Ca, Ce, La, Na

جدول (٢٢) : معادن مجموعة الايدوت

كليتوزويسيت



يتباور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور : البلورات منشورية موازية المحور ب و مغططة في هذا الاتجاه . الصلادة = ٦ - ٦ 1/٢ . الوزن

النوعى = ٣.٢٧.٣.٢٥ . البريق زجاجى . اللون رمادى أو أبيض أو أخضر
رمادى . شفاف أو نصف شفاف ، التركيب الكيميائى : سليكات مائية
للكالسوم والالومنيوم : توجد متبللة كاملة من المحاليل الجامدة بين
كلينوزيسيت وإيدوت . يوجد المنجنيز فى النوع الأحمر الوردى المروف
باسم ثوليت Thulite .

يوجد المعدن عادة فى صخور الشست التى تكونت نتيجة لتحول الصخور
النارية الداكنة التى تحتوى على معادن الفلسبار الكلسية ، ويصاحب عادة معادن
الأمفيبول ، يوجد فى الصخور النارية كتناجى نحمل لمعادن البلاجيوكلز .

زويسيت Zoisite معدن له نفس تركيب كلينوزيسيت الكيميائى . يشبه
المعدن كلينوزيسيت فى المظهر والوجود فى الطبيعة ، ولكنه أقل انتشارا من
كلينوزيسيت .

أبيدوت



يتأور المعدن فى فصيلة الميل الواحد نظام المنشور . البلورات عادة طرية
مغطاة فى موازاة المحور ب . يوجد المعدن فى بلورات حشنة أو دقيقة الحبيبات .
كذلك يوجد فى هيئة أليافية . الصلادة = ٦ - ٧ . الوزن النوعى = ٣.٢٥ -
٣.٤٥ . الانقسام كامل وهزازى . المسطوح القاعدى {١٠٠} وغير كامل موازى
للمسطوح الامامى {٠٠١} . البريق زجاجى . اللون أخضر فستقى أو أخضر
ماثل إلى الزاد أو الاصفرار ، وقد يكون أسودا فى بعض العينات . شفاف
أو نصف شفاف . درجة الانصهار ٣ - ٤ ، مع حدوث انتفاخ وورغرة . يتميز
المعدن بلونه الأخضر وانقسامه الكامل فى مستوى واحد .

يوجد معدن إيدوت عادة فى الصخور المتحولة مثل التيس والأمفيوليت
والشست بأنواعه المختلفة . حيث ينتج المعدن من تحلل معادن الفلسبار والبيروكسين
والامفيبول والبيوتيت . يصاحب المعدن عادة معدن كلوريت . يتكون معدن

إيدوت أيضاً أثناء التحول الحرارى للصخور الجيرية غير النقية. يعتبر الإيدوت من المعادن الواسعة الانتشار .

معدن يدموتيت Piedmontite نوع يشبه الإيدوت فى البناء والتركيب الكيميائى ولكنه يحتوى على المنجنيز (ثلاثى التكافؤ) ، ويوجد فى صخور الفست وخامات المنجنيز .

ألانيت (أورثيت)



يتطور المعدن فى فصيلة الميل الواحد، نظام المنشور . يوجد عادة فى هيئة كتليه أو فى هيئة حبيبات منتشرة . الصلادة = ٥.٥-٦. الوزن النوعى = ٢.٥-٢.٦ . البريق تحت فلزى أو راتنجى أو مثل القار Pitchy اللون بنى أو أسود كالفار، وقد يوجد المعدن مغلفى بطبقة رقيقة صفراء بنية ناتجة من تحلل المعدن. نصف شفاف . له خاصية النشاط الإشعاعى ولكن بشكل ضعيف .

يوجد ألانيت كمعدن إضافى بصفة قليلة فى كثير من الصخور النارية مثل الجرانيت . والبايت والبجائيت ويغلب تواجد مع معدن إيدوت . وقد وجد المعدن أيضاً فى بعض الصخور الجيرية المتحولة بالحرارة، وكذلك فى بعض رواسب الماجنتيس . يوجد المعدن فى مصر فى عروق البجائيت بواى الجبل بالصحراء الشرقية الجنوبية . كما يوجد منتشراً فى بعض أنواع الجرانيت بمنطقة أسوان .

فيروفيانيت (إيدوكريز)



يتطور المعدن فى فصيلة الرابعى ، نظام الهرم المنعكس الرباعى المزدوج البلورات منشورية البنية وتكون عادة مغطاة طولياً . يوجد المعدن عادة فى هيئة بلورات ، ولكن المجموعات المعدنية أكثر انتشاراً . كذلك يوجد فى هيئة كتليه أو حبيبية . الصلادة = ٦ ١/٢ الوزن النوعى = ٣.٣٥-٣.٤٥ . البريق

زجاجي أو راتنجي . اللون عادة أخضر أو بى ، كذلك قد يكون أصفر أو أزرقاً أو أحمر . نصف شفاف . الخدش أبيض .

يرجد المعدن عادة فى الصخور الجيرية المتبلورة نتيجة لتحول الجرانى . اكتشف المعدن فى أول الأمر فى طفوح بركان فيزوف القديمة وكذلك فى السكتل الدولوميتية فى مونت سوما بإيطاليا .



يتبلور المعدن فى فصيلة المعين القائم . يوجد عادة فى هيئة مجموعات متبلورة كروية أو استلاكتيتية أو مجموعات كروية لبلورات مسطحة (لوحية) . الصلادة = ٦ - ٦ ½ . الوزن النوعى = ٢.٨ - ٢.٩٥ . البريق زجاجي اللون عادة أخضر فاتح مائل للبياض . نصف شفاف .

يوجد برزخيت كعدن ثانوى النشأة فى الفراغات فى صخر البازلت والصخور المعائلة . يصاحب معادن زيوليت وداتولت وبكتوليت وكالسيت .

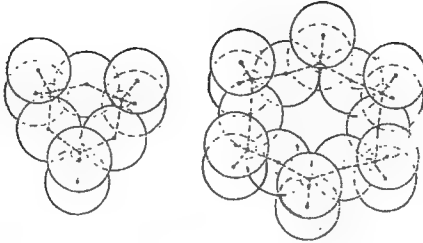
المعادن السيليكوسيليكاتية

تتكون المعادن السيليكوسيليكاتية (أو الحلقية) من حلقات متصلة من رباعى الأوجه SiO_4 ، وفيها تكون نسبة السيليكون إلى الأكسجين كنسبة ١:٣ . وهناك ثلاثة أنواع من الحلقات المقفولة الممكنة هى :

١ - الحلقة الثلاثية Si_3O_9 ، مكونة من ثلاثة رباعى الأوجه ، وهذه أبسطها شكل (٢١٤) وهذه ممثلة فقط بالمعدن بليتونيت $\text{BaTiSi}_3\text{O}_{13}$ Benitrite .

٢ - الحلقة الرباعية Si_4O_{12} مكونة من أربعة رباعى الأوجه توجد مع الثلاثات BO_3 ومجموعات (OH) فى البناء المعقد لمعدن أكسينيت Axinite .

٣ - الحلقة السادسة Si_6O_{18} ، مكونة من ستة رباعى الأوجه ، شكل (٢١٣) ، وهذه تمثل الهيكل الأساسى فى بناء معادن البيريل والتورمالين الهامة . الواسعة الانتشار .



شكل (٢١٤)

شكل (٢١٣)

ويضم هذا القسم المعادن التالية :

السداسي	$BaTiSi_3O_9$	Benitoite	بنيتويت
المبول الثلاثة	$Ca_2(Fe, Mn)Al_2(BO_3)(Si_4O_{12})(OH)$	Axinite	أكسينيت
			مجموعة الرمال
السداسي	$Be_3Al(Si_6O_{18})$	Beryl	بيريل
المبول الثامن	$M_2Al_2(AlSi_6O_{18})$	Cordierite	كورديريت
الثلاثي	$XY_2Al_2(BO_3)_2(Si_6O_{18})(OH)_4$	Tourmaline	تورمالين
خفي التباور	$CuSiO_3 \cdot nH_2O$	Chrysocolla	كرويكولا

بنيتويت $BaTiSi_3O_9$:

يتباور المعدن في فصيلة السداسي . نظام الهرم المتعكس الثلاثي المزدوج .
الصلادة = ٦.٥ . الوزن النوعي = ٣.٦ . درجة الانصهار = ٣ . اللون
أزرق مثل السافير Sapphire أو أزرق باهت أو عديم اللون . يوجد هذا
المعدن النادر مصاحبا معدن نظروليت Natrolite في صخور الشست الجاوكوفيني
في مقاطعة سان بنيتو بولاية كاليفورنيا .

أكسينيت



يتباور المعدن في فصيلة المبول الثلاثة . نظام الطمح (المعدن الوحيد الذي

يتبلور في هذا النظام) . البلورات عادة رفيعة . يوجد عادة في هيئة بلورات ومجموعات متبلورة ، كذلك في هيئة كتل أو صفائح أو حبيبات . الصلادة = ٦ - ٧ . الوزن النوعي = ٣,٢٧ - ٣,٣٥ . البريق زجاجي . اللون بني مائل للإحمرار أو بنفسجي أو رمادي أو أخضر أو أصفر . شفاف أو نصف شفاف . يوجد المعدن في صخر الجرانيتوليت (صخر متحول) ، وفي نطاقات التماس مع الكتل الجرانيتية المتداخلة .

بيريل (الزمرد) $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي . نظام الهرم المتعكس السداسي اللزدوج . توجد البلورات في هيئة منشورية واضحة . الأوجه عادة مخططة وخشنة . قد تبلغ بلورات البيريل أحجاماً ضخمة . وقد بلغ طول إحدى البلورات التي وجدت بولاية مين Maine بأمریکا ٢٧ قدماً وكانت تزن أكثر من ٢٥ طناً .

الصلادة = ٧,٥ - ٨ . الوزن النوعي = ٢,٧٥ - ٢,٨ . الانفصام قاعدي غير كامل . البريق زجاجي . اللون أخضر مائل للورقة أو أصفر فاتح ، وقد يكون المعدن ذا لون أخضر زمردى أو أصفر ذهبي أو رمادي أو أبيض أو عديم اللون . شفاف أو نصف شفاف . يتميز المعدن عادة ببلوراته السداسية ولونه . كما يختلف عن معدن الأباتيت في الصلادة .

يعتبر معدن البيريل - ولو أنه يحتوي على عنصر البيريليوم النادر من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار . يوجد المعدن في صخور الجرانيتية وكذلك في صخور الشست المسكافي .

توجد الأحجار الكريمة من المعدن في كولومبيا وسيريا والبرازيل ومدغشقر وبعض ولايات أمريكا . كما يوجد في مصر في بعض المناطق (سيكايت ونجرس وأم كابو) بجنوب الصحراء الشرقية .

يوجد معدن البيريل استعمالات كثيرة له في الصناعة . ويعتبر المعدن أهم مصدر لعنصر البيريليوم الذي يستخدم في صناعة بعض السبائك التحاسية ، كما يعتبر البيريل في الوقت الحاضر من المعادن الاستراتيجية الهامة وذلك لاستعماله في أغراض الطاقة الذرية . وتهافت الدول في الحصول على هذا المعدن الهام .

كورديريت (ديكرويت) $Mg_3Al_2(AlSi_6O_{18})$

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم . نظام الهرم المتعكس . البلورات عادة منشورية قصيرة مجموعة في هيئة قوائم سداسية كاذبة . كذلك يوجد في هيئة حبيبية أو كتلية . الصلادة = ٧ - ٧½ . الوزن النوعي = ٢.٦٠-٢.٦٦ . الانقسام مسطوحى ضعيف { ٠.١٠ } . الريق زجاجى . اللون (ظلال مختلفة) شفاف أو نصف شفاف . يمرض ظاهرة التغير اللونى Pleochroism . يشبه كورديريت معدن الكوارتز ويفرق عنه بصعوبة . خلافاً للكوارتز تبصر حروف الكورديريت الرفيعة . ويتميز عن الكوراندوم بصلادته الأقل وإذا شدد التغير اللونى فإن ذلك يعتبر شيئاً محمداً للمعدن . يتحلل المعدن عادة إلى معادن الميسكا والسكويريت أو تلك ويصبح لونه في هذه الحالة أتلال إلى الأخضرار . يوجد كورديريت كمعدن إضافى في صخور الجرانيت والنييس (النييس الكورديريى) والشبث وفي نطاقات التحول التماسى (الحرارى)

تورمالين

(سليكات معقدة للبورون والألمنيوم)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثى ، نظام الهرم الثلاثى المزدوج . البلورات عادة منشورية ، شكل (٢١٥) . (٢١٦) . الأسطح المنشورية مخططة في حالات كثيرة ومقطعها يشبه مثلث دائرى ، شكل (٢١٧) . تنتهى البلورات عادة بالسطح Pedion والأهرامات الثلاثية (سالبة وموجبة) وقد توجد الأهرامات الثلاثية المزدوجة . البلورات شائعة ولكن يوجد المعدن أيضاً في هيئة كتل ماسكة أو عدادان دقيقة أو خشنة قد تكون متوازية أو شعاعية .



شكل (٢١٧)



شكل (٢١٦)



شكل (٢١٥)

الصلادة = ٧ - ٧½ . الوزن النوعي = ٣ - ٣.٢٥ . البريق زجاجي أو راتنجي ، اللون متغير ويتوقف على التركيب الكيميائي ، فالتورمالين العادي الذي يحتوي على كمية كبيرة من الحديد (شوليت Schorlite) لونه أسود أو بني . وهناك أنواع أخرى لونها أحمر أو وردي أو أخضر أو أزرق أو أصفر ، ولكن يندر وجود اللون الأبيض أو الشفاف ، وتوجد بعض بلورات التورمالين ذات الألوان المتعددة ، فتظهر البلورة الواحدة متعددة الألوان من الخارج إلى الداخل ، أي أن المقطع المستعرض لحل هذه البلورة يبدى عدة ألوان موزعة في حلقات أو نطاقات دائرية داخل بعضها ، وللتورمالين خاصية الكهرباء الحرارية وكذلك الكهرباء الضوئية .

التركيب الكيميائي : سلكات معقدة للبورون والالومنيوم ويمكن كتابة هذا التركيب في صورة قانون عام هكذا : $YX_3Al_6(BO_3)_6Si_6O_{18}(OH)_4$. حيث $X = Ca, Na$ و $Al = Y$ ، Mg, Li, Fe^{2+} .

يتبعو المعدن بالأشكال الدائرية لمقاطع المستعرضة . ويختلف عن معدن المحور ثلثه بعدم وجود الانقسام المتشوري .

يوجد معدن تورمالين في صخور البجماتيت الجرانيتية والصخور المجاورة لها . والأنواع الشائعة في البجماتيت هي سوداء ولر أن الألوان نفاثة الشفافة المستعملة في الأحجار الكريمة توجد أيضاً في مثل هذه الصخور . يصادف التورمالين معادن البجماتيت العادية مثل الأرتوكليز والليت والكوارتز والمسكوفيت . وكذلك معادن لبيدوليت وبيريل وأباتيت وفلوريت ومعادن أخرى نادرة . وقد يوجد معدن التورمالين في الصخور النارية والمتحولة مثل الغابست والتيس والصخور الجهيرية المتبلورة كمعدن إضافي .

توجد الأنواع المستعملة في الأحجار الكريمة في جزيرة علبا Eiba ، وولاية ميناس جيرائس بالبرازيل ، جبال الأورال بالاتحاد السوفيتي ، وجزيرة مدغشقر وفي بعض الولايات الأمريكية .

تستعمل الأنواع الشفافة ذات الألوان الجميلة من التورمالين في صناعة الأحجار الكريمة . يختلف ألوان هذه الأحجار الكريمة من أخضر زيتوني إلى

أحمر وردي أو أحمر أو أزرق. وفي بعض الأحيان يقطع الحجر بطريقة تجعله يعرض ألواناً مختلفة في الأجزاء المختلفة. ويعرف النوع الأخضر باسم المعدن، أي تورمالين، أما الأحجار الخوا فتعرف باسم روبييليت rubellite، وتعرف الأحجار الورداء النادرة باسم إنديكوليت indicolite. وتتمعمل كثير من بلورات المعدن في صناعة أجهزة الضغط وأجهزة قياس درجات الحرارة العالية وذلك نظراً لخاصية المعدن المميزتين. ألا وهما: الكهرباء الضغطية والكهرباء الحرارية.

كروزكولا $\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

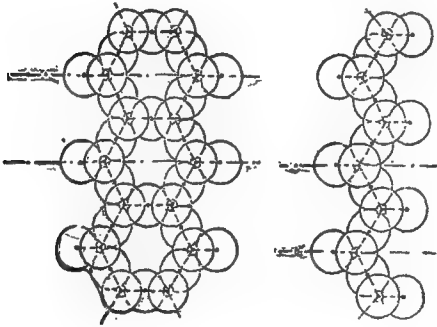
خفي التبلور أو صديم التبلور. متباين في هيئة كتل. في بعض الأحيان يكون تراخي الصلادة = ٢ - ٤. الوزن النوعي = ٢.٥ - ٢.٤. المسكر محاري. البريق زجاجي أو مطفي. اللون أخضر أو أزرق مائل للخطرة، بني أو أسود عندما يكون غير نقي. يتميز المعدن بلونه الأخضر أو الأزرق ومكسره المحاري. يتميز عن البركواز (الفيروز) بصلادته الأقل.

كروزكولا معدن ثانوي النشأة يوجد في نطاقات الأكسدة في العروق النحاسية. صاحب معادن ملاكيت وأزوريت وكوبريت والنحاس العنصري، الخ. يوجد في الأجواء السطحية لبعض المناطق في الصحراء الشرقية وسيناء. من الأنواع المشابهة معدن ديبريت Diopside. $\text{Co}_3(\text{Si}_2\text{O}_7)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ذو اللون الأخضر الذي يوجد في بلورات معينة الأوجه كاملة التشكل.

المعادن اليتوسيلكاية

قد ترتبط بمجموعات رباعية SiO_4 بعضها ببعض عن طريق اشتراكها في ذرتين من ذرات الأكسجين الأربعة في كل منها. وينتج عن هذا الارتباط بناء في شكل السلسلة (سلسلة مفردة)، شكل (٢١٨). وقد ترتبط مثل هذه السلاسل المفردة ببعضها البعض مرة أخرى لتكوين سلاسل مودوجة، شكل (٢١٩)، وتتميز هاتان البنيان المعادن اليتوسيلكاية. ففي بناء السلسلة المفردة تشترك ذرتين من ذرات الأكسجين الأربعة في كل رباعي أوجه SiO_4 بين

رباعي أوجه متجاورين ، وتكون نسبة السليكون إلى الأكسجين في مثل هذا البناء كنسبة ١ : ٣ . أما في بناء السلسلة المزدوجة فيشارك نصف عدد رباعي الأوجه في ذرتين من الأكسجين لكل منها ويشارك نصف العدد الآخر في ثلاث ذرات من الأكسجين لكل منها ، وتكون نسبة السليكون إلى الأكسجين في مثل هذا البناء كنسبة ٤ : ١١ .



شكل (٢١٩) . سلسلة مزدوجة

شكل (٢١٨) . سلسلة مفردة

تمثل معادن البهروكسين Pyroxenes ، التي لها القانون الكيميائي العام $XY(Si_2O_6)$ ، بناء السلسلة المفردة بوضوح ، شكل (٢١٨) ، ويمكن أن تصور هذا البناء على أنه مكون من سلال مفردة من السليكون والأكسجين موازية لبعضها البعض ومرتبة بدون نهاية في اتجاه المحور z ، وتصل بعضها البعض فقط عن طريق الكاتيونات الممثلة بالرمزين X ، Y (رابطة أيونية) . والكاتيونات X كبيرة الحجم ضعيفة الشحنة ، وتكون غالبا عبارة عن صوديوم أو كلسيوم وتصل بنهاية ذرات أكسجين من جيرانها . أما الكاتيونات Y فهي أصغر حجما وترمز إلى الحديدوز أو الحديدك ، الألومنيوم ، المنجنيز ، التيتانيوم أو التيتانيوم الرباعي التكافؤ . وحتى الليثيوم أو الليثيوم الرباعي التكافؤ .

وتتبلور معادن البيروكسين في فصلي المعين القائم والميل الواحد . فإذا كانت المواضع X ، Y مشغولة بأيونات صغيرة ، ينتج بناء معيني قائم . أما إذا كانت المواضع X ، Y مشغولة بأيونات كبيرة وصغيرة على التوالى فإنه ينتج بناء ميل واحد . وعندما تكون المواضع Y, X مشغولة بأيونات كبيرة فإن بناء ذرياته تماثل الميول الثلاثة ينتج ، مثل معادن رودوليت $Mn(SiO_3)$ ، ولاستونيت $Ca(SiO_3)$. ويوجد في جميع معادن البيروكسين انقسام منشوري $\{011\}$ يتقاطع في زوايا قائمة تقريباً ، شكل (٢٢٠) ، ويوازي السلاسل SiO_3 ، كما يوجد به عادة انفصال ظاهر موازي للمسطوح الامامي $\{001\}$ ، والمسطوح القاعى $\{100\}$

وتحت ظروف خاصة من الضغط والحرارة يتخذ المركبان $(Mg, Fe)_2(Si_2O_6)$ شكلاً بلورياً آخر (غير المعين القائم) يقتضى إلى فصيلة الميل الواحد . ومعادن البيروكسين من المعادن الشائعة في تركيب الصخور النارية خصوصاً القاعدية منها وكذلك في بعض أنواع الصخور المتحولة .

أما معادن الامفيبول Amphiboles وهى من المعادن الشائعة والهامة في تركيب الصخور فإنها تكون مجموعة تشبه إلى حد كبير معادن البيروكسين ، ولكن هناك بعض الفوارق والتي تمزى إلى الاختلاف في البناء الذرى بين المجموعتين . فتتميز معادن الامفيبول بوجود السلسلة المزدوجة Si_4O_{11} ، شكل (٢١٩) ، كبناء أساسى في تركيبها . وتمتد هذه السلاسل المزدوجة بدون نهاية في اتجاه موازى للمحور c ، وللا انفصام المنشورى الكامل $\{011\}$. ولكن مستويات الانقسام في هذه الحالة تتقاطع في زاويتين غير قائمتين تساويان 96° ، 94° تقريباً ، شكل (٢٢٤) . وعلى ذلك يستفاد من الاختلاف في زاوية الانقسام للفرقة السريعة بين معادن الامفيبول ومعادن البيروكسين . ويجب ألا يغيب عن الذهن أن الانقسام في معادن الامفيبول أوضح بكثير عنه في معادن البيروكسين .

وتتصل السلاسل المزدوجة — كما في حالة البيروكسين — ببعضها البعض عن طريق الكاتيونات الممتلة بالرموز X ، Y (رابطة أيونية) . وتشغل

أيونات البيروكسيد (OH) الفراغات الخالية الناتجة من اتصال سلسلتين مفردتين جنباً إلى جنب مع بعضهما البعض . ويكتب القانون العام لمعادن الالمفيول هكذا $X_{6-7}Y_{2-3}Zr_4O_{14}(OH)_4$ ، حيث X تمثل أيونات الصوديوم والكالسيوم والباراسيوم (بكميات قليلة) ، أما Y فتضم المغنسيوم والحديد والنيكل والالومنيوم والمنغنيز الثنائي التكافؤ . والتيتانيوم — كما هو الحال في معادن البيروكسين ، ولكن لا يوجد البليثيوم في تركيب معادن الالمفيول .

وبعض معادن الالمفيول ثنائية التشكل dimorphous كما هو الحال في معادن البيروكسين ، أى تبلور في كل من فصلي المبنى القائم والليل الواحد .

تتبلور معادن البيروكسين في درجات حرارة أعلى من تلك التى تتبلور عندها معادن الالمفيول . وعلى ذلك فإنها السابقة في التبلور من المصهور (أنظر صفحة ٢١١) . وغالباً تتغير معادن البيروكسين التى تبلورت مبكراً إلى معادن الالمفيول في مراحل لاحقة من تاريخ الصخر الناري . ويساعد على هذا التغير وجود الماء في السائل المتبقى من المصهور عند درجات الحرارة المنخفضة .

X	Y	بيروكسين	المفيول
Mg	Mg	إنستاتيت	أنتونيلايت
Mg, Fe	Mg, Fe	كلينوإنستاتيت	كوفيفريت
		بروتيت ، هيرسين	أنتونيلايت
		كلينوهيرسين	كينجستونيت
Ca	Mg	ديوبسيد	تروموليت
Ca	Fe	هيدنبرجيت	أكتينوليت
in	Al	جيديت	جلوكوفين
Na	Fe ⁺⁺⁺	إمجبيرين	ريسكيت
		سوداومين	
Li	Al	أوجيت	هورنبلند
Ca, Na	Mg, Fe		
	Mn, Al		
	Fe ⁺⁺⁺ , Ti		

مجموعة معادن البيروكسين



شكل (٢٢٠)

تضم هذه المجموعة عدداً من الأنواع المعدنية التي تتبلور في فئتين المعنى القائم والميل الواحد، ومع ذلك فهي متقاربة في بنائها الذري. ويوجد في جميع الأنواع انفصام منشوري ضعيف يتقاطع في زوايا تقرب من القائمة (حوالي ٨٧°، ٩٣°)، شكل (٢٢٠) [قارن بين هذا الانفصام والانفصام في معادن الافيول، شكل (٢٢٤)].

وتكون معادن البيروكسين متسلسلة متشابهة في تركيبها الكيميائي لمعادن الافيول (انظر جدول ٢٣). وفيما يلي بيان بالأنواع الشائعة من معادن مجموعة البيروكسين

مفصلة الإنستاتيت

المعنى القائم	$Mg_2(Si_2O_6)$	Enstatite	إنستاتيت
" "	$(Fe, Mg)_2(Si_2O_6)$	Hypersthene	هيبيرثين

مفصلة الميلوسيد

الميل الواحد	$CaMg(Si_2O_6)$	Diopside	ديوبسيد
" "	$CaFe(Si_2O_6)$	Hedenbergite	هيدنبرجيت

مفصلة سبودومين

" "	$LiNa(Si_2O_6)$	Spodumene	سبودومين
" "	$NaAl(Si_2O_6)$	Jadefite	جيديت
" "	$NaFe(Si_2O_6)$	Aegirite	أيجيريت

مفصلة أوجيت

" "	$XY(Si_2O_6)$	Augite	أوجيت
-----	---------------	--------	-------

إنستاتيت $Mg_2(Si_2O_6)$ — هيبيرثين $(Mg, Fe)_2(Si_2O_6)$

قلما يوجد معدن إنستاتيت نقياً في الطبيعة ولكنه يحتوي على الحديد. ويحل الحديد محل المغنسيوم بنسب تصل إلى ١ : ١ وتكون متسلسلة معادن متشابهة الأشكال بين الطرفين، فإذا كانت كمية FeO تراوح بين ٥ - ١٣ ٪ سمي المعدن باسم برونزيت أما إذا وادت نسبة FeO عن ١٣ ٪ سمي المعدن باسم هيبيرثين. وقد تحتوي هذه

المعادن على نسبة بسيطة من الألومنيوم تصل ١٠ ٪ . أما اسم فيروسيليت فإنه يطلق على المركب التقي $(\text{Fe}_2(\text{Si}_2\text{O}_6))$.

يتبلور معدنا إنستاتيت وهيدرومين في فصيلة المعين القائم ، نظام الهرم المنعكس ، البلورات منشورية ولسكتها نادرة ، يوجد للمعدنان عادة في هيئة كتلية أو إبرية أو لوحية . الصلادة = ٥ هـ . الوزن النوعي = $3.22 - 3.25$. الانقسام منشوري كامل $\{111\}$. زوايا الانقسام 87° ، 93° . البريق وجاجي أو لؤلؤي على أسطح الانقسام ، أما معدن برونيت فله بريق شبه فلزي مثل البرونز . اللون رمادي أو أصفر أو أبيض مائل للاخضرار أو أخضر زيتوني أو بني . نصف شفاف . لا ينصهر الإنستاتيت ولكن تستدير الحواف الدقيقة فقط في لمب البوري وتزداد قابلية المعدن للانصهار بزيادة نسبة الحديد .

يصعب تمييز الأنواع السرداء من هذه المعادن عن معدن الأوجيت في العينات ونلجأ إلى الخواص البصرية للفرقة بينها .

توجد هذه المعادن في ضخور البيروكسينيت والبيروكسينيت والجايرو والتوريت والبالزت وكذلك في بعض أنواع التيازك .

تضم الأنواع المشابهة معادن كلينو إنستاتيت (ميل واحد) ثنائي الشكل للمركب $\text{Mg}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$ ، وكلينو هيدرومين (ميل واحد) ثنائي الشكل للمركب $(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$.

ديوبسيل $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المثبور . البلورات منشورية ذات ثمانية جوانب في المقطع المستعرض . كذلك يوجد المعدن في هيئة كتل حبيبية أو عديمة أو صفاتحية . يكثر وجود البلورات التوأمية المركبة حيث يكون المستوى التوأمي هو المسطوح القاعدي $\{100\}$.

الصلادة = ٥ - ٦ . الوزن النوعي = $3.22 - 3.23$. الانقسام منشوري غير كامل . يكثر وجود الانفصال الموازي للمسطوح القاعدي $\{100\}$ ، وفي بعض الأحيان يوجد انفصال موازي للمسطوح الامامي $\{010\}$. يتميز نوع المعدن المعروف

باسم دياليج Diellage بوجود الانفصال الأخير، {٠.٠١} . لون المعدن أبيض أو أخضر فاتح ويقتم بازدیاد نسبة الحديد . البريق زجاجی . شفاف أو نصف شفاف . درجة انصهار المعدن ٤ .

التركيب الكيميائي : سليكات الكالسيوم والمغنسيوم ، قد يحل الحديد محل المغنسيوم بشكل تنسب . وتوجد متسلسلة كاملة من التشابه الشكلى بين الديوبسيد ومعدن هيدزبرجيت $\text{CaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ Hedenbergite .

يشتمل المعدن بشكله البلورى ولونه الفاتح وانفصامه المنشورى غير الكامل حيث تقاطع مستويات الانفصام في زوايا مقدارها 87° و 93° .

معدن الديوبسيد من المعادن المتحولة التي توجد بصفة مميزة في الأحجار الجيرية المتبلورة حيث يصاحب المعدن معادن تريبوليت وسكابوليت وجارنت وسفين وفيزوفانيت .

سبيو ديومين $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات منشورية ، مبططة وموازية الوجه (٠.١) ، الأوجه كثيرة التخطيط . البلورات كبيرة الحجم ذات أوجه خشنة .

الصلادة = ٦-٧ . انون النوعى = ١٤-٣٠٢٠ . الانفصام منشورى {٠.١١} ويتقاطع في زوايا مقدارها 87° و 93° . يوجد أيضاً بالمعدن مستويات انفصال موازية المسطح الامامى {٠.٠١} . البريق زجاجی . اللون أبيض أو رمادى أو أحمر وردي أو أصفر . شفاف أو نصف شفاف . درجة الانصهار = 300° . يتميز المعدن بانفصامه المنشورى ومستويات انفصاله المسطوحية . سطح البلورات خشنة (مثل ألياف الخشب) ومميزة عند لمس المعدن .

معدن سبيو ديومين من المعادن النادرة نسبياً ، ولكنه يوجد في هيئة بلورات

كبيرة جداً في بعض أنواع البجماتيت . يستعمل المكن كصخر لمنصر الليثيوم .
وتشتمل بعض أنواعه الشفافة الخضراء ، هيدزيت (Hiddenite) أو الحمراء
(Kunzite) في صناعة الأحجار الكريمة .

جملديت $\text{NaAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . يندر وجود
البلورات المفردة ، ويغلب وجود المعدن في هيئة كتل إبرية متباكية .

الصلادة = ٩.٥ - ٧ . الوزن النوعي = ٣.٣ - ٣.٥ . الانقسام منشوري

{ ١١ } يتقاطع في زوايا مقدارها ٨٧° . ٩٣° . المعدن شديد الصلادة وصعب

السكر . اللون أخضر تقاحي أو أخضر زمردى أو أبيض ذو بقع خضراء .
البريق زجاجي أو لؤلؤي على أسطح الانقسام . درجة الانصهار = ٢.٥ .
يشتمل المعدن بلونه الأخضر ومجموعاته الإبرية الشديدة التماسك .

يوجد معدن الجملديت بكميات كبيرة في صخر السربنتين حيث يبدو أن المعدن
قد تكون نتيجة لتحول صخر غني بالآليت والتيفلين . يوجد بصفة خاصة في
شرق آسيا وشمال بورما والتبت وجنوب الصين .

استعمل المعدن في الشرق . وخصوصاً الصين ، في عمل الأدوات المختلفة
والتماثيل والتحف ذات الروعة والجمال . وقد استعمله الإنسان القديم في صنع
أسلحته المختلفة وأدوات معيشته .

إيجيريت $\text{NaFe}^{+++}(\text{Si}_2\text{O}_6)$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات إبرية إما
مفردة أو في هيئة مجموعات . الصلادة = ٦ - ٦.٥ . الوزن النوعي =
٣.٤ - ٣.٥ . الانقسام منشوري غير كامل { ١١ } . يتقاطع في زوايا
مقدارها ٨٧° ، ٩٣° . البريق زجاجي . اللون بني أو أخضر . نصف شفاف .
درجة الانصهار = ٣ .

يشتمل المعدن يبلوراته الإبرية ولونه الأخضر أو البني وتواجهه مع معادن
معينة . ولأن التحقيق الدقيق للمعدن يحتاج إلى الفحص الميكروسكوبي .
يعتبر معدن الإيجيريت من المعادن النادرة نسبياً المكونة للصخور النارية

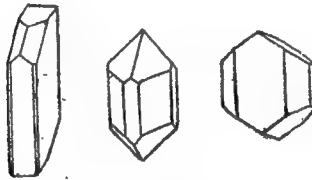
المعتمدة في السليكا والغنية بالصودا مثل السيانيت التيفيليني والفونوليت . يصاحب المعدن الأرتوكليز ومعادن الفلشيا ثويد والأوجيت والامفيول الغنية بالصودا .

أوجيت



يقبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات ذات هيئة منشورية قصيرة لوحية ، شكل (٢٢١) ، (٢٢٢) ، (٢٢٣) . تتقاطع المنشورات في زوايا مقدارها ٨٧° ، ٩٣° . يوجد المعدن كذلك في هيئة كتل صناعية أو حبيبية خشنة أو دقيقة .

الصلادة = ٥ - ٦ . الوزن النوعي = ٣.٢ - ٣.٤ . الانقسام منشوري جيد ٠.١١ . يوجد عادة انفصال قاعدي في البلورات . البريق زجاجي . اللون أخضر قاتم أو أسود . المعدن نصف شفاف .



شكل (٢٢٣)

شكل (٢٢٢)

شكل (٢٢١)

التركيب الكيميائي: سليكات السكاسيوم والألومنيوم والحديد والمغنسيوم . يمكن اعتبار الأوجيت معدن متوسط بين الديوبسيد والهيدنبرجيت وقد حل فيه عنصر الألومنيوم محل جزء من السليكون والمغنسيوم . درجة الانصهار = ٤٥ - ٤٥° .

يشتمل المعدن بشكله البلوري ومقطعه المستعرض ذي الأربعة أو الثمانية جوانب .

ويُفرق المعدن عن الديوبسيد بلونه الأزرق ، وعن المورنيلند بزوايا مستويات انقسامه (٨٧° ، ٩٣°) .

يُعتبر الأوجيت أكثر المعادن البيروكسينية انتشاراً ، ومن المعادن الهامة المكونة للصخور ، ويغلب وجود المعدن في الصخور النارية القلوية اللون خصوصاً الأنواع التي تكونت من جماعية بالحديد والكالسيوم والمنسيوم ، مثل صخور البازلت والجابرو والبيريدونيت وفي بعض أنواع السيانيت والتيس .

معادن أخرى لها بناء السلسلة المفردة

رودونيت $Mn(SiO_3)$

يتباور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة ، نظام المسطوح . البلورات لوحية موازية للمسطوح القاعدي {١٠٠} . يوجد المعدن عادة في هيئة كتلية متجانسة أو منفصمة . الصلادة = ٥-٦ . الوزن النوعي = ٣.٤ - ٣.٧ . الانقسام منشوري {١١} ، {١١} ويتقاطعان في زوايا ٨٨° ، ٩٢° تقريباً . البريق زجاجي . اللون أحمر وردي أو بني . وقد يكون المعدن مغلف بطبقة سوداء من أكسيد المنجنيز . شفاف أو نصف شفاف . درجة الانصهار = ٣° ويعطى كتلة زجاجية سوداء .

يتميز المعدن بلونه الأحمر الوردي وانقسامه المنشوري . يفرق عن معدن رودركروزيت بصلادته الأعلى وعدم ذوبانه في الأحماض . معدن رودونيت معدن قليل الانتشار نسبياً .

تستعمل بعض عينات الرودونيت المصقولة في صناعة أحجار الزينة . ومعظم هذه العينات تأتي من جبال الأورال بالاتحاد السوفيتي .

ولاستونيت $Ca(SiO_3)$

يتبلور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة ، نظام المسطوح . البلورات لوحية . يوجد عادة في هيئة كتلية مشققة أو أليافية أو خنساكة . الصلادة = ٥-٥.٥

الوزن النوعي = ٢٨ - ٢٩ . الانقسام كامل ومواري لكل من المسطوح القاعدى { ١٠٠ } والمسطوح الامامى { ٠٠١ } . البريق زجاجى أو لؤلؤى على اسطح الانقسام . وقد يكون البريق حريرا إذا كان المعدن فى هيئة الياق . اللون أبيض أو رمادى . نصف شفاف . ينصهر المعدن عند درجة ٤ إلى كرة صغيرة زجاجية بضاء .

يوجد معدن ولاستونيت فى الصخور الجيرية المتبلورة المتحولة بالحرارة ، حيث يصاحب المعدن معادن الكالسيت وديوبسيد وجارنت وتريبوليت والفلسبارات الجيرية وفروفيانيت وإيدروت .

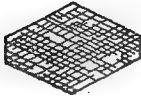
بكتوليت $\text{Ca}_2\text{NaH}(\text{SiO}_3)_2$

يتبلور المعدن فى فصيلة الميول الثلاثة . نظام المسطوح . يوجد عادة فى هيئة مجموعات لبورات إبرية قد تكون شعاعية الترتيب . أو قد يوجد فى كتل متناصكة . الصلادة = ٥ . الوزن النوعي = ٢٧ - ٢٨ ، البريق زجاجى أو حريرى عديم اللون أو أبيض رمادى . الانقسام كامل ومواري المسطوحين "قاعدى { ١٠٠ } والامامى { ٠٠١ } . درجة الانصهار = ٢ - ٣ . يعطى مادة زجاجية . معدن بكتوليت معدن ثانوى النشأة ، يتكون فى ظروف مشابهة لوجود معادن انزوليت . يوجد مبطن الفجوات فى صخور البازلت .

مجموعة معادن الأمفيبول

تضم هذه المجموعة عددا من المعادن الشائعة التى تبلور فى فصليات المعينى القائم والميل الواحد ، بينما تبلور الأنواع النادرة فى فصيلة الميول الثلاثة ، ولكن بنيتها جميعا متشابهة . وتكون هذه المعادن مجموعة متشابهة فى تركيبها الكيميائى لمعادن البيروكسين ، (انظر صفحة ٢٩١) ، ولكن معادن الأمفيبول تحتوى على أيون الهيدروكسيد (OH) . وتشبه معادن الأمفيبول معادن البيروكسين إلى حد كبير ، إلا أنهما يختلفان فى زاوية الانقسام .

ففي معادن الأمفيبول تساوى زوايا الانقسام
المنشورى 90° ، تقريباً 124° ، شكل (٢٢٤)،
بينما تساوى هاتين الزاويتين في معادن البيروكسين
 90° ، تقريباً 120° ، شكل (٢٢٥). وفيما يلي بيان
بالأنواع الشائعة من معادن مجموعة الأامفيبول :



شكل (٢٢٤)

$(Mg, Fe)_7(Si_8O_{22})(OH)_2$	Anthophyllite	أنثوفيليت
$Ca_2Mg_5(Si_8O_{22})(OH)_2$	Tremolite	مقلقة التريموليت
$Ca_2(Mg, Fe)_5(Si_8O_{22})(OH)_2$	Actinolite	تريموليت
$Na_3Fe^{2+}_9Fe^{3+}_3(Si_8O_{22})(OH)_2$	Riebeckite	أكتينوليت
$Na_3Mg_4Al(Si_8O_{22})(OH)_2$	Arfvedsonite	مقلقة الريبيكيت
$Na_2Mg_5Al_2(Si_8O_{22})(OH)_2$	Glaucophane	ريبيكيت
$X_2-3Y_5-7Z_4O_{22}(OH)_2$	Hornblende	أرفيدسونيت
		جلاوفين
		مقلقة الهوربلند
		هوربلند

أثروفيليت $(Mg, Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$

يتبلور المعدن في فصيلة المعين القائم ، (يقابل المعدن معدني إنسانيت
وهيبرين في مجموعة البيروكسين). ينشر وجود المعدن في هيئة بلورات، ولكن
يوجد عادة في هيئة إبرية أو منشورية . الصلادة = ٥ - ٦ . لون النوع
= ٢٨٥ - ٣٢٢ . الانقسام منشورى كامل { ١١ } . اللون رمادى أو أخضر
أو بنى . البريق زجاجى . نصف شفاف . لا يسهل تمييز المعدن عن معادن
الأمفيبول الأخرى إلا بواسطة استعمال الميكروسكوب وتعيين الخواص البصرية .
معدن أثروفيليت من المعادن النادرة نسبياً ، ويوجد المعدن في صخور الشبث
المتبلورة حيث يظن أن المعدن قد نشأ عن تحول معدن الأوليفين .

تريموليت



يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات ذات هيئة منشورية . يوجد المعدن عادة في مجرعات ذات بلورات عمداية شعاعية ، وفي بعض الأحيان تكون البلورات أليافية . الصلادة = ٥ - ٦ . الوزن النوعي = ٣.٢٠ - ٣.٣٣ . الانقسام منشوري كامل { ٠.١١ } . دوايا قدرها ٥٦° ، ١٢٤° ، البريق حريري على الأسطح المنشورية . يختلف اللون بين الأبيض والأخضر الفاتح (نوع الاكتينوليت Actinolite) . يفتح اللون كلما زادت نسبة الحديد في المعدن . شفاف أو نصف شفاف .

التركيب الكيميائي : سليكات الكالسيوم والمغنسيوم الهيدروكسيدية . قد يحل الحديد محل المغنسيوم ، فإذا زادت نسبته عن ٢ ٪ فإن المعدن يتحول إلى أكتينوليت (يكون التريموليت والأكتينوليت معاً متسلسلة أشكال متشابهة محدودة) ، درجة الانصهار ٣ - ٤ .

يتميز المعدن ببلوراته المنشورية الرقيقة وانقسامه المنشوري الجيد ، ويختلف عن الهورنبلند بلونه الفاتح .

يوجد معدن تريموليت عادة في الصخور الجيرية الفولوميتية المتبلورة غير النقية ، حيث نشأ المعدن نتيجة لإعادة تبلور الصخر بواسطة التحول . كذلك يوجد المعدن في الشست الطلق . أما معدن أكتينوليت فإنه يوجد في صخور الشست الخضراء حيث نشأ المعدن نتيجة لتحول معادن البيروكسين في الصخور النارية الأصلية .

هورنبلند

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات منشورية . كذلك يوجد المعدن في هيئة عمداية أو أليافية ، دقيقة أو خيشنة الحبيبات .

الصلادة = ٥ - ٦ . الوزن النوعي = ٣.٢ . الانقسام منشوري كامل { ٠.١١ } .

والزوايا مقدارها ٥٦° ، ١٢٤° . البريق زجاجي ، أما الأنواع الأليافية فبريقها حجري . اللون أخضر متدرج إلى الأسود . نصف شفاف .

التركيب الكيميائي : سليكات معقدة الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والالومنيوم مع شق الهيدروكسيد . والسبب في تعقيد قانون المعدن الكيميائي هو التشابه الشكلي والإحلال بين الأيونات المتشابهة ، واختلاف نسبة $Na:Ca$. ويمكن كتابة القانون العام للمورنيلند كما يلي : $Ca, Na(Mg, Fe^{2+})_2(Al, Fe^{3+}, Ti)(Al, Si)_2O_{10}(OH)_2$. ويختلف المورنيلند عن التيريموليت في احتواء الأول على الالومنيوم .

درجة الانصهار = ٤ . ويصطب ماؤه في اللابوة المقفولة . كما يتميز المعدن عن باقي معادن الأمفيبول بلونه الداكن .

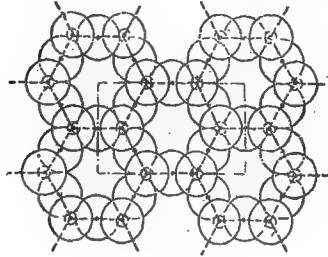
معدن مورنيلند من المعادن الهامة الشائعة المكونة للصخور ، حيث يوجد المعدن في كلا من الصخور النارية والمتحولة ، ولو أنه يكثر في الصخور المتحولة . ينتج المعدن من تحلل البيروكسينات في عمليات تبلور الأنخرة المعجا ، أو أثناء تحول الصخور النارية . ويتكون صخر الأمفيبوليت Amphibolite من معدن المورنيلند بصفة رئيسية .

المعادن الفيلوسليكاتية

(الصفائحجية)

يدل اسم هذه المجموعة الهامة المشتق من الكلمة اليونانية phyllon بمعنى ورقة على أن المعادن التابعة لها ذات هيئة صفائحجية (أو صفحية) ويوجد بها انفصام واحد واضح . وصلادة هذه المعادن منخفضة بصفة عامة ، وكذلك وزنها النوعي منخفض . أما عن صفائح الانفصام فهي قابلة للانثناء أو مرنة . وترجع هذه الخواص المميزة إلى تكون البناء الذري من صفائح السليكون والأكسجين بصفة أساسية . ونجد في هذا البناء الصفائحجي ، شكل (٢٢٥) ، أن ثلاثة ذرات أكسجين من الأربعة الموجودة عند أركان رباعي الأوجه SiO_4 أصبحت مشتركة بين رباعيات الأوجه ، ويؤدي هذا إلى أن نسبة $Si:O$ كسبة ٢ : ٥ .

وتحتوى جميع المعادن الفيلوسيليكاتية على أيون الهيدروكسيد (OH^-) ، وتسمى الخواص المختلفة - إلى حد كبير - لهذه المعادن إلى الموضع الذى يشغله هذا الأيون فى البناء الذرى بالنسبة لبقيّة الأيونات الموجودة فى التركيب الكيميائى للمعدن.



شكل (٢٢٥)

ويرجع اهتمامنا بالمعادن الفيلوسيليكاتية إلى أنها نواتج لتجوية weathering الصخور، وبالتالى تكون الجزء الأكبر من التربة. ويتوقف غذاء النبات من التربة، واختزان الماء فى التربة من وقت الرطوبة إلى وقت الجفاف، وسماح التربة للغازات والكائنات الحية بالمرور فيها، على الخواص المختلفة للسيليكات الصفاحية.

ومن الناحية الجيولوجية نجد أن للفيلوسيليكات أهمية كبرى. فمعادن الميسكا تعتبر أهم مكونات صخور الشست، كما أنها منتشرة فى الصخور النارية. وتتكون معادن الميسكا فى درجات حرارة أقل من تلك التى تتكون عندها معادن الأامفيبول أو البيروكسين، وتتكون غالباً بإحلالها للمعادن السابقة كنتيجة لتغير المائى الحرارى.

ويمكن تصنيف المعادن الفيلوسيليكاتية تصنيفاً مبسطاً كما يلى :

$KCa_4(Si_4O_{10})F \cdot 8H_2O$ Apophyllite أبوفيليت

معدنه الصلصال (الطين)

$Al_4(Si_4O_{10})(OH)_2$ Kaolinite كاولينيت

$Mg, Al, (OH)(H_2O) Silicate$ Montmorillonite مونتوريلونيت

$K, Mg, Fe, Al, (OH) Silicate$ Illite إيليت

معاون الميكا

$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ Muscovite مسكوفيت

$KMg_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ Biotite بيوتيت

$K(Mg, Fe)_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ Lepidolite لبيدوليت

$K, Li, Al_3(AlSi_3O_{10})(OH, F)_2$

معدنه الميكا القابلة للكسر (Brittle mica)

$CaAl_2(AlSi_2O_{10})(OH)_2$ Margarite مارجريت

$Fe, Al, Mn, (OH) Silicate$ Ottrellite أوتريليت

$FeAl(AlSiO_4)(OH)_2$ Chloritoid كلوريتويد

معدنه السكاويريت

$Mg, Fe^{++}, Fe^{+++}, Al, (OH) silicate$ Chlorite كلوريت

$Mg_3(Si_2O_{10})(OH)_2$ Talc تالك

$Mg_3(Si_2O_{10})(OH)_2$ Serpentine سيربينيت

$(Ni, Mg)SiO_3 \cdot nH_2O$ Garnierite جارنييريت

$Al_2(Si_4O_{10})(OH)_2$ Pyrophyllite بيروفيليت

$Mg_3(Si_2O_{10})(OH)_2 \cdot 6H_2O$ Sepiolite سيبوليوت

$Mg, Fe, Al, (OH)(H_2O) (silicate)$ Vermiculite فريميكوليت

أبوفيليت $[KCa_4(Si_4O_{10})_2F \cdot 8H_2O]$

يتبلور المدين في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم الممكن الرباعي الزوج .

الصلادة = 4 - 5 . الوزن النوعي = 2,3 - 2,4 . الانكسار { 1,00

كامن . البريق لؤلؤي على المسطوح القاعدي و زجاجي على الواجه الأخرى .

عادة عديم اللون أو أبيض أو رمادي ، ولكن قد يكون اللون أخضر باهت

أو أصفر باهتاً أو ورديا . شفاف أو نصف شفاف . درجة الانصهار 2 ،

مع حدوث انتفاخ وتكوين مادة ميثاقية قاعية يضاء .

يوجد أبوفاليت كمعدن ثانوى النشأة مبطناً للفجوات في صخور البازلت وماشابهها يصاحب معادن الزيوليت المختلفة والكالسيت والداتوليت والبكتوليت.

معادن الصلصال (الطين) Clay Minerals

يطلق اسم الصلصال (الطين) على أحد أنواع الصخور الرسوبية الميكانيكية. وكأى صخر يتكون الصلصال من معادن مختلفة بنسب مختلفة. كذلك يدل لفظ الصلصال على أن حجم الحبيبات التى يتكون منها صغير، ففى تستعمل للإشارة إلى تلك المواد الترابية التى يقل قطر حبيباتها عن $\frac{1}{250}$ من المليمتر. التى تصبغ سهلة التشكيل plastic إذا بلك بقدر يسير من الماء. وباستعمالنا للأشعة السينية فى دراسة التركيب المعدنى للصخور الطينية، أمكن التعرف على مجموعة من المواد المتبلورة تكون هذه الصخور بصفة رئيسية، وتعرف باسم: معادن الصلصال، وهذه المعادن عبارة عن سيليكات مائية للألومنيوم بصفة أساسية. وفى بعض الأحيان محل المنتهيبوم أو الحديد محل جزء من الألومنيوم، كما أن العناصر القلوية أو الأرضية القلوية قد تكون موجودة بصفة أساسية فى التركيب الكيميائى لمعدن الصلصال. وقد يتكون الصلصال من معدن صلصال واحد، ولكن عادة يوجد أكثر من معدن صلصال مختلطة مع غيرها من المعادن مثل الفلسبار والكوارتز والمعادن الكزبونائية والميسكا.

كاولينيث $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$

يتطور المعدن فى فصيلة الميل الواحد، نظام المنشور، يوجد فى هيئة قشور رقيقة وصغيرة جداً معينة أو سداسية الشكل. يوجد عادة فى هيئة كتل طينية الشكل إما أن تكون متماكة أو هشة. الصلادة = ٢ - ٢.٥. الوزن النوعى = ٢.٦ - ٢.٦٢. الانقسام قاعدى كامل. {١٠٠} البريق أرضى معتم، أما الصفائح المتبلورة فترى بها لؤلؤى اللون أبيض ولكنه يتلون كثيراً تبعاً لتوقع الشوائب الموجودة.

لا ينصهر ولا يذوب. يسمو المعدن بشكله الطينى ولكن يستحيل تفرقة المعدن عن المعادن الصلصالية الأخرى دون الإستعانة بالوسائل البصرية والأشعة السينية. الكاولينيت أحد المعادن الواسعة الانتشار، ويعتبر المعدن أم مكونات

الصالح والكارلين . والمعدن دائماً ثانوى الأهمية حيث ينتج من تحليل السيليكات الألومينية خصوصاً القلويات حيث يتواجد معها . وكذلك يوجد في التربة Soil حيث يكون مختلطاً مع الكوارتز . يستعمل المعدن في صناعة الخوف والطوب . الاسم مشتق من كلمة صينية Kaoliang ومعناها « التل العالي » وهو اسم تل بالصين حيث يوجد المعدن

أنواع مشابهة : ديكيت Dickite ولكريت Jacrite نوعان يشبهان كاولينيت بالنسبة للتركيب الكيميائي والبناء الذرى ، ولكنهما أقل منه انتشاراً في تكوين الرواسب الطينية .

مجموعة موتموريللونيت

تشمل هذه المجموعة عدداً من معادن الصلصال التي تتميز بمقدرتها على امتصاص جزيئات الماء بين الصفائح في بنائها الذرى ، وينتج عن ذلك تمدد ملحوظ في البناء . تضم المجموعة المعادن التالية : موتموريللونيت ويديليت وتنترونيت وهيكتريريت وصابونيت .

يكون موتموريللونيت المعدن الرئيسى في تركيب صخر التوتيت Bentonite وهو عبارة عن رماد بركاني متحلل . وتتميز هذه الرواسب بخاصية امتصاصها للماء بدرجة غير عادية وتمدد حجمها إلى أضعاف حجمها الأصلى ، وذلك عند وضعها في الماء .

مجموعة البت

تضم هذه المجموعة عدة معادن صلصالية شبيهة بالميسكا . ولكن معادن الإليت تختلف عن معادن الميسكا في قلة انحلال الألومنيوم محل تليسيون ، واحتوائها على ماء أكثر ، وبوجود الكالسيوم والمغنسيوم حالين محل جزء من البوتاسيوم . يكون إليت المعدن الرئيسى في تركيب الصخور الطفلية Shales .

معادن الميسكا

تضم هذه المجموعة معادن الميسكا التي تتركب كيميائياً من سيليكات الألومنيوم المقعدة مع البوتاسيوم والهيدروكسيل وكذلك المغنسيوم والحديدوز ، وفي بعض

الأنواع يوجد الصوديوم والليثيوم والحديدك . وفي حالات قليلة يوجد النجيب والكروميوم والباريوم والفورين والتيتانيوم بكميات ضئيلة .

تبلور معادن الميككا في فصيلة الميل الواحد ، ولو أن البلورات لانيين مثل هذا التماثل البلورى ، وذلك نظراً إلى أن المحور a يميل بزاوية تقرب من 90° على المحور c . البلورات عادة مسطحة ذات مسطوح قاعدى واضح ولها مظهر سداسى ذو زوايا مقدارها 90° ، 120° تقريباً وعلى ذلك تظهر البلورات دائماً إما فى أشكال معينة قائمة أو سداسية التماثل (تماثل كاذب) . وتتميز معادن الميككا جميعها بانفصال قاعدى كامل $\{100\}$. وتكون الميككا متسلسلة غير كاملة من الأشكال التتابهية تتفاوت فى مداها باختلاف الاطراف .

مسكوفيت $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

يعرف أيضاً باسم الميككا البيضاء أو الميككا البوتاسية . يتبلور المعدن فى فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . الزاوية المحورية بين a - (زاوية بيتا) تساوى 90° تقريباً ، يوجد فى هيئة صفائح كبيرة أو صغيرة أو فى هيئة قشور قد تكون متجمعة فى هيئة ريشية أو كروية .

يتميز المعدن بانفصامه القاعدى الكامل $\{100\}$ الذى يؤدى إلى فصل المعدن إلى صفائح رقيقة مرنة . الصلادة = ٢ - ٢.٥ . الوزن النوعى = ٢.٧٦ - ٢.٨١ . البريق زجاجى أو حريرى أو لؤلؤى . شفاف عديم اللون فى الصفائح الرقيقة . أما الصفائح السميكة فى نصف شفاف وتبدو ذات ظلال باهتة من الألوان الصفراء أو الأخضر أو الأحمر . درجة انصهار المعدن = ٥ .

مسكوفيت معدن واسع الانتشار شائع ضمن المعادن المكونة للصخور . يوجد بصفة عمومة فى الصخور النارية الحامضية الجوفية مثل الجرانيت والسيانيت ، كذلك يوجد فى صخور البجماتيت وصخور الشيست والتيس المتحول حيث يكون المعدن الأساسى فى صخر الشيست الميكائى . قد يجد المسكوفيت نتيجة لتحلل معادن مختلفة مثل التورباز والسكايت وسبرديومينز وأنتوسيت . وهناك نوع عبارة عن قشور رقيقة يوجد فى هيئة مجموعات أليافية لها بريق حريرى . ويعرف هذا

النوع باسم سيريسيت Sericite ، ويوجد في صخور الشست وكذلك نتيجة لتحلل المعادن على جانبي بعض العروق المائية الحارة الحاملة للحامات المعدنية . يوجد المعدن في صخور البجائيت الجرانيتية مصاحبا معادن الكوارتز والفلسبار والتورمالين والبيريل والجارنت والآباتيت والفلوپيت . ويوجد المعدن عادة في هذه الصخور في هيئة بلورات كبيرة تعرف باسم الكتب Book التي قد تبلغ في بعض الأماكن نحواً من بضع عشرات السنتيمترات في العرض . يستخدم المعدن بصفة أساسية في صناعة المواد المازلة التي تدخل في صناعة الأجهزة الكهربائية . وتعتبر الهند من أهم الدول المصدرة للميكا . وهناك صناعات أخرى مختلفة يدخل فيها المسكوفيت .

فلوجوويت $\text{KMg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$

يعرف أيضاً باسم الميكا المغنيزية *Magnesia mica* . يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . يوجد في هيئة بلورات لوحية سداسية الشكل أو بلورات منشورية مدية . البلورات غالباً كبيرة وخشنة . وقد يوجد أيضاً في هيئة كتل صفائحية .

الانقسام قاعدي كامل $\{100\}$. الصفائح مرنة . الصلادة = ٢.٥ - ٣ . الوزن النوعي = ٢.٨٦ . البريق زجاجي أو لؤلؤي . اللون أصفر بني أو أخضر أو أبيض ، غالباً ذو ميعض نحاسي اللون على أسطح الانقسام . شفاف في الصفائح الرقيقة . درجة الانصهار ٤١٥ - ٥ .

يتكون معدن فلوغوويت في الصخور الجيرية المغنيزية نتيجة لتحويلها بالحرارة ، وكذلك يتكون في صخور الدولوميت المغنيزية وصخور السرينثين . يتدرج وجود المعدن في الصخور النارية .

بيوتيت $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات مسطحة أو منشورية قصيرة ذات مسطوح قاعدي واضح . البلورات نادرة ولكن يغلب وجود المعدن في هيئة كتل صفائحية غير منتظمة . كذلك يوجد المعدن في هيئة قشور منتشرة في الصخر أو متجمعة في هيئة مجموعات قشرية .

الانقسام قاعدي كامل {١٠٠} . الصفائح مرنه . الصلادة = ٢,٥ - ٢ .
الوزن النوعي = ٢,٨ - ٣,٢ . البريق لامع . اللون أخضر داكن أو أسود
وقد يكون أصفر باهتا في بعض الحالات النادرة . أما الصفائح الرقيقة فلونها
مدخن وبذلك يسهل تفريقها عن المسكوفيت العديم اللون تقريباً . درجة
الانصهار = ٥٠ .

التركيب الكيميائي . أساسياً سليكات البوتاسيوم والمنسيوم والحديد،
والألومنيوم ، ويوجد بعض الفلورين عادة حالاً على الهيدروكسيد . كذلك
قد يحتوي على بعض المنجنيز والتيتانيوم والصوديوم .
معدن البيوتيت من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار كمكون للصخور . يوجد
المعدن في الصخور النارية خصوصاً الأنواع الغنية بالفلسبارات مثل الجرانيت
والسيانيت ، وكذلك في صخور أخرى أكثر من تلك التي يوجد فيها المسكوفيت
وفي بعض الأحيان يوجد البيوتيت في عروق البجائيت في صفائح كبيرة وكذلك
يوجد في بعض الطفوح البركانية والصخور البوفيرية ، وكذلك في صخور الشست
والتيث حيث يصاحب المسكوفيت .

أنواع متشابهة : جلوكونيت *Glaucophane* (سليكات مائية البوتاسيوم
والحديد والمنسيوم والألمنيوم) ، يشبه البيوتيت في تركيبه الكيميائي .
يوجد في هيئة حبيبات خضراء أو مائلة للأصفر أو إلى السواد كمكون في
الصخور الرملية الخضراء ، كما يوجد في بعض الصخور الطينية والمارل وماشابهها
فيرميكيوليت *Vermiculite* (يختلف في تركيبه الكيميائي — أساسياً
سليكات مائية للمنسيوم والحديد والألمنيوم) . يتمدد المعدن عند تسخينه
وبأخذ أشكال الدود (الإسم *Verm* مشتق من هذه الخاصية) . يستخرج
المعدن من منطقة حفافيت بالصحراء الشرقية ، ويستخدم بكيات كبيرة في
الصناعات العازلة للحرارة والصوت .



يعرف المعدن أيضاً بإسم الميكا الليثائية *Lithia mica* . يتطور المعدن في
فصلة الميل الواحد ، نظام المنثور . البلورات عادة في هيئة صفائح صغيرة أو

منشورات رداية المظهر . يغلب وجود المعدن في هيئة مجموعات قشرية دقيقة أو خشفنة التبلور . الانقسام قاعدي كامل { ١٠٠ } . الصلادة = ٢.٥ - ٤ . الوزن النوعي = ٢.٨ - ٢.٩ . البريق لؤلؤي اللون أحمر وردي فاتح أو يبقى Mac إلى أبيض . نصف شفاف . ينصر بسهولة . درجة الانصهار = ٢ .

معدن اليبيدوليت من المعادن النادرة نسبيا . يوجد المعدن في عروق البجماتيت حيث يصاحب معادن أخرى محفوية على البثيوم مثل التورمالين الوردى أو الأخضر والاميليجونيت وسبوديومين . قد توجد بلورات اليبيدوليت متداخلة مع المسكوفيت حيث تتوازي البلورات مع بعضها البعض . من المناطق الشهيرة بوجود المعدن جبال الأورال وجزيرة عليا ومدغشقر . يستعمل المعدن كمصدر لنصر الليثيوم ، وكذلك في صناعة الزجاج المقاوم للحرارة .

معادن الميسكا المشه

مارجريت $\text{CaAl}_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_2$

الميل الواحد ، نظام المنشور ، البلورات نادرة . يوجد في هيئة مجموعات قشرية الصلادة = ٣.٥ - ٥ (أصل من الميسكا الحقيقية) . الوزن النوعي = ٣.٠ - ٣.١ الانقسام قاعدي { ١٠٠ } كامل . البريق زجاجي أو لؤلؤي . اللون وردي باهت أو أبيض أو رمادي . نصف شفاف ، الصفائح قابلة للكسر (brittle) درجة الانصهار ٤ - ٤.٥ . يوجد مارجريت عادة مصاحبا معدن كواندوم ، وفي المادة يتكون كتاج من نواتج تحلل .

أوتريليت $(\text{Fe}, \text{Al}, \text{Mn})(\text{OH}) \text{ silicate}$

(الميول الثلاثة) . الصلادة = ٣ - ٧ . الوزن النوعي = ٣.٣ درجة الانصهار ٦ حيث يغطي كرة مغناطيسية . يوجد في الصخور المتحركة مثل الشست .

كلوريتويد $Fe, Al(AlSiO_3)(OH)_2$

الميل الواحد ، نظام المنصور . الصلادة = ٦ . الوزن النوعى ٣.٥٢ - ٣.٥٧ . درجة الانصهار = ٦ ويطلى مادة سمنطاطيسية . يتحلل بمحاض الكبريتيك يوجد فى الصخور المتحولة مثل الشست . كذلك يوجد كتابع تحلل لبعض الطفوح البركانية بواسطة المحاليل المائية الحارة .

معادن الكلوريت

تضم هذه المجموعة عدة معادن ذات خواص بلورية وفيزيائية وكيميائية متشابهة . ومن الصعب جداً التمييز بين هذه المعادن دون الإلتجاء إلى التحاليل الكيميائية الدقيقة والدراسات البصرية . والوصف التالى لما نسميه معدن « كلوريت » ، ماهر فى الواقع إلا وصفا شاملا للأنواع الأساسية التابعة لهذه المجموعة وهى : كلينو كلور ، بينيت ، بروكلوريت .

كلوريت



يتبلور المعدن فى فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات مسطحة ذات مظهر سداسى كاذب ، يشبه المعدن فى هيئته بلورات مجموعة معادن الميكا ولكن يندر وجود البلورات الواضحة . يوجد المعدن عادة فى هيئة كتل صفائحية أو مجموعات مكونة من قشور دقيقة . يوجد كذلك فى هيئة حبيبات صغيرة منتشرة فى الصخر .

ينقسم المعدن بسهولة ، الإنقسام قاعدي {١٠٠} ، الصفائح تتثنى ، لكن ليست مرتبة . الصلادة = ٢ - ٢.٢ . الوزن النوعى ٢.٢٦ - ٢.٢٩ . البريق زجاجى أو لؤلؤى . اللون أخضر بدرجات مختلفة ويندر وجود الأنواع الصفراء أو البيضاء أو الوردية . شفاف أو نصف شفاف . المعدن صلب الإنصهار . درجة الانصهار = ٥ - ٥.٥ .

يتميز المعدن بلونه الأخضر وهيئته الصفائحية وانفصامه في صفائح غير مرقة .

معدن كلوريت من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار ذات النشأة الثانوية . يتكون المعدن نتيجة لتحلل السيليكات المحتوية على الألومنيوم والحديدوز والمغنسيوم مثل البيروكسينات والامفيولات والبيوتيت والجارنت . يوجد المعدن حيثما وجدت الصخور المحتوية على مثل هذه المعادن وقد أصبحت صخوراً متحولة . توجد بعض صخور الغسست مكونة كلها تقريباً من معدن الكلوريت ويمر اللون الأخضر لكثير من الصخور النارية إلى وجود الكلوريت النوى نتج من تحلل المعادن السيليكاتية الحديدومغنيزية . وكذلك يمر اللون الأخضر لكثير من صخور الغسست والاردراز إلى وجود معدن الكلوريت منتشراً في الصخر في هيئة حبيبات دقيقة . وقد يترسب بعض الكلوريت من المحاليل المائية الحارة .

تلك (طلق) $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$

يعرف أيضاً باسم حجر الصابون soapstone أو الاستيكايت steatite يتلور المعدن في فصيلة الميل الواحد . نظام المنشور . البلورات نادرة . يوجد المعدن عادة في هيئة كتل صفائحية ، وفي بعض الأحيان في هيئة مجموعات صفائحية شعاعية . يوجد أيضاً في هيئة كتل متماحكة .

الانفصام قاعدي كامل { ١٠٠ } . تنشق الصفائح قليلاً ولكنها ليست مرنة . المعدن قابل للتقشير sectile = الصلادة = ١ (يترك علامة على قطعة من القماش) . الوزن النوعي = ٢.٧ - ٢.٨ . الرقيق لؤلؤي أو شمعي . اللون أخضر تفاحي أو رمادي أو أبيض فضي . نصف شفاف . الملمس شمعي . المعدن صلب الانفصام . درجة الانصهار = ٥ . لا يتأثر بالاحماض . يتميز المعدن بهيئته الصفائحية وانفصامه السهل وسهولة خدشه وملسه الشمعي . معدن تلك من المعادن الثانوية النشأة ، إذ يتكون المعدن نتيجة لتحلل المعادن السيليكاتية المغنيزية ، مثل الأوليفين والبيروكسينات والامفيولات ،

وقد يوجد في هيئة أشكال كاذبة لهذه المعادن . ولكن تلك يوجد بصفة مميزة في الصخور المتحولة حيث يوجد في هيئة جيئية أو خفية التبلور في الصخر المعروف بإسم حجر أكسايون soapstone حيث يكون المعدن معظم الصخر تقريباً . وقد يوجد تلك كمسكون أساسي في الصخور الشستية مثل الشست التلكي

يوجد التلك في مصر في أماكن مختلفة بالجيزة الجنوبي من الصحراء الشرقية (العطشان ودرهيب) حيث يستغل المعدن اقتصادياً . يستعمل التلك بكيات كبيرة في هيئة مسحوق في صناعة البويات والخوف والورق والكاوتشوك كما يستعمل كمسحوق التلك (بودرة التلك) .

سربنتين $[Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2]$

يقالور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات غير معروفة وإنما يوجد في أشكال كاذبة . يوجد السربنتين في هيتين بلوريتين : إحداها صفائعية وتعرف بإسم أنتيجوريت Antigorite ، والاخرى أليافية وتعرف بإسم كرزوتيل Chrysotile .

السربنتين ذو مكسر محاري أو أليافي . وتراوح صلابته بين ٢ ، ٥ ، ووزنه النوعي ٢.١ . التفرع الأليافي و ٢.٦٥ للكتلي ، ولونه أخضر ذو درجات مختلفة وقد يكون رمادياً أو أحمر أو بنياً أو أسوداً . الرقيق واتنجي أو شععي أو شععي . قد يحتوي السربنتين على الحديد أو النيكل أو المنجنيز أو الألومنيوم أو البكروميوم .

يتج السربنتين من تحلل المعادن المغنيزية مثل الأوليفين والانسائيت والهورنبلند والترومليت والايوجيت . ويستغل الأوليفين أهم مصدر للسربنتين إذ قليلاً ما يوجد الأوليفين دون أن يكون قد تحلل إلى سربنتين . ويصاحب السربنتين معادن الماجنيزيت والكالسيت والماجنتيت والمكروميت والجارنيريت والجارنت (يوروب) والبلاطين والتلك .

والسربنتين معدن منتشر في الصخور اغتلفة التابعة لحقب البريكاميري في الصحراء الشرقية المصرية . تستخدم الانواع الأليافية من السربنتين (كرزوتيل) كمصدر

للأستونوس Asbestos الذى يستعمل فى صناعة العوازل الخاصة ضد الحريق والحرارة والكهرباء . أما الأنواع الكتلية من السربنتين ذات اللون الأخضر الفاتح أو الداكن فإنها تستعمل فى أحجار الزينة . أما إذا كان السربنتين مختلطاً مع الرخام الأبيض فإن يسكبه ألواناً معروفة جميلة ، ويطلق على الرخام فى هذه الحالة اسم الرخام الأخضر Verd antique marble .

جارنيريت $(\text{NiMg})\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

المعدن عديم التبلور Amorphous . يوجد المعدن فى هيئة قشور أو كتل تراية . الصلادة = ٢ - ٣ ، الوزن النوعى = ٢,٢ - ٢,٨ . البريق أرضى أو معتم . اللون أخضر تقاوى أو أبيض ، المخدش أبيض مائل للخضرة . الملس شحمى .

الجارنيريت من المعادن الثانوية النشأة حيث يصاحب المعدن السربنتين ، ويحتمل أن يكون قد نتج عن تحلل صخر البيريدويت المحتوى على النيكل . ويوجد المعدن فى جزيرة ألبرجد (سانت جون) بالبحر الأحمر قرب الحدود المصرية مع السودان . ويستخدم الجارنيريت كخام لفلز النيكل .

بيروفيليت $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$

يتبلور المعدن فى فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . يوجد عادة فى هيئة كتل صفائحية أو حبيبية . يشبه تلك فى مظهره . الصلادة = ١ - ٢ (يتركز أحياناً على القماش) . الانقسام قاعدى كامل $\{100\}$. الصفائح تنشق بعض الشيء ولكنها ليست مرنة . الوزن النوعى ٢,٨ - ٢,٩ . البريق لؤلؤى أو شحمى . اللون أبيض أو أخضر تقاوى أو رمادى أو بى . نصف شفاف . بيروفيليت معدن نادر الوجود نسبياً . يوجد فى الصخور المتحولة مصاحباً عادة معدن كيانيت . يستخدم المعدن فى بعض الأحيان فى نفس الأغراض التى يستخدم فيها التلك .

سيليكات (ميرشوم) $Mg(Si_6O_{18})(OH)_2 \cdot 6H_2O$

الفضيلة البلورية غير معروفة بالضبط ، يحتمل أن تكون الميل الواحد . يبدو المعدن تحت الميكروسكوب كمخلوط من مادة أليافية وأخرى عديدة التبلور لها نفس التركيب الكيميائي . الصلادة = ٢-٢.٥ ، الوزن النوعي = ٢.٠٠ . المكسر محاري . يطفو المعدن على سطح الماء عندما يكون جافاً وذلك بسبب مسابته العالية . اللون أبيض رمادي أو أبيض مائل للاصفرار أو الاحمرار الملس ناعم ، نصف شفاف . درجة الانصهار = ٥ - ٥.٥ ، يبطئ ماء كثيراً في الانوبة المغفولة .

يوجد سيليكات كمعدن ثانوي نشأة في هيئة كتل عقدية الشكل مصاحبة للسيرتيت ، وكذلك لآل و بال والماجنيزيت . يستخدم المعدن في صناعة نايب الميرشوم

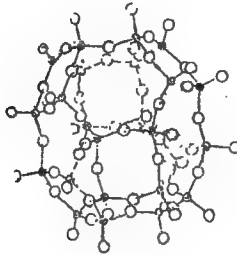
المعادن التكتوسليكاتية

(البسيكية في الأبعاد الثلاثة)

يشكون ثلاثة أرباع القشرة الأرضية تقريباً من معادن سليكاتية فيها رباعي الأوجه SiO_4 متصلة مع بعضها البعض في الأبعاد الثلاثة لتشكل بناء هيكلياً . وتتبع هذه المعادن قسم التكتوسليكات حيث تسهم جميع ذرات الأكسجين في أركان رباعي الأوجه في الارتباط بين رباعي الأوجه المجاورة ويقتض عن هذا بناء مستقر قوي الارتباط تكون فيه نسبة السليكون إلى الأكسجين كنسبة ١ : ٢ . (SiO_2) شكل (٢٢٦) .

والهيكلي السليكاتي في أبسط صورة يكون متعادلاً كهربائياً ولا يحتوي على أيونات فلزية . كما هو الحال في مجموعة السليكا و SiO_2 . أما في بقية المعادن البسيكاتية ذات البناء الهيكلي ففقد أنها تحتوي على الألومنيوم - بصفة أساسية - وقد حل محل جزء من السليكون - (حل محل أيون الألومنيوم) (فلاني التكاثر) محل أيون السليكون (رباعي التكاثر) ينقص من شحنة الهيكل البنائي المتبادل شحنة موجبة ، الأمر الذي يحتم أن يدخل أيون أحادي الشحنة الموجبة (مثل البوتاسيوم) مع الألومنيوم ليتبع بناء متعادلاً . وهذا ما يحدث في بناء الأرتوكليز

إذا كانت n في البناء السيليكاتي المتبادل $(SiO_2)_n$ تساوى ٤ ، فإنه ينتج Si_4O_8 فإذا حل أيون Al محل أيون Si فإنه ينتج $- (AlSi_3O_8)$ وهذا لا بد أن يتحد مع أيون موجب مثل البوتاسيوم فيكون $[K(AlSi_3O_8)]$ (الإرثوكليز) أو مع الصوديوم $[Na(AlSi_3O_8)]$ (الاليت) .



شكل (٢٠٠)

أما إذا حل أيونان من الألومنيوم محل أيونين من السليكون فإنه ينتج عن ذلك شحنتان سالبتان في البناء بدلا من شحنة واحدة . وتتعادل هاتان الشحنتان مع أيون ذي شحنتين موجبتين (ثنائي التكافؤ) ، مثل الكالسيوم ، وينتج بناء سيليكاتي متعادل ، مثل الأنورثيت $[Ca(Al_2Si_2O_8)]$ ، وفيما يلي بيان بالمعادن الشائعة التي تنتمي إلى قسم التكتوسيليكات :

مجموعة السيليكا

SiO_2	Quartz	كوارتز
SiO_2	Tridymite	تريديميت
SiO_2	Cristobalite	كريستوباليت

مجموعة الفلوسبار

متسلسلة الفلوسبارات البوتاسية

$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	Microcline	ميكروكلين
$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	Orthoclase	أورتوكلاز

متسلسلة الفلوسبارات الصوديومية الكالسية

$\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	Albite	ألبيت
$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$	Anorthite	أنورتيت

مجموعة الفلوسباتوير

$\text{K}(\text{AlH}_2\text{SO}_6)$	Leucite	لوسيت
$(\text{Na}, \text{K})(\text{AlSiO}_4)$	Nepheline	نيفيلين
$\text{Na}_4(\text{AlSiO}_4)_3 \cdot \text{Cl}$	Sodalite	صوداليت
$(\text{Na}, \text{Ca})_4(\text{AlSiO}_4)_3(\text{SO}_4, \text{S}, \text{Cl})$	Lazurite	لازوريت
$\text{Li}(\text{AlSi}_4\text{O}_{10})$	Petalite	بتاليت

مجموعة سفايوليت

$\text{Na}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_8)_2(\text{Cl})$	Marialite	ماريالكيت
$\text{Ca}_4(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)_3(\text{CO}_3)$	Meonite	ميونيت

مجموعة الزبروليت

$\text{Na}(\text{AlSi}_2\text{O}_6) \cdot \text{H}_2\text{O}$	Analcite	أنالكيت
$\text{Na}_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Natrolite	ناتروليت
$(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Chabazite	شابازيت
$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}) \cdot 11\text{H}_2\text{O}$	Heulandite	هولنديت
$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Stilbite	ستيلبت

مجموعة السليكا

وصفت لسهولة الدراسة ضمن قسم المعادن الأكسيدية . من صفحة (٢٨٢) إلى (٢٨٩) .

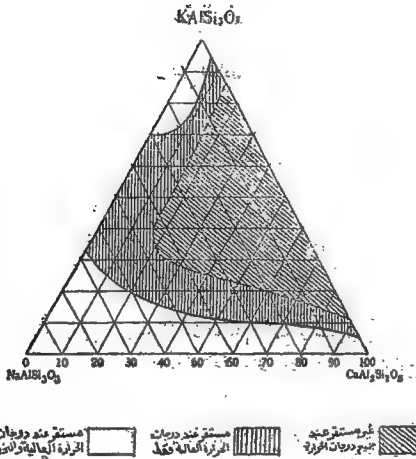
مجموعة معادن الفلspar

تعتبر هذه المجموعة من المجموعات الهامة للمعادن . وتشمل معادن عبارة عن سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم أو الصوديوم والكالسيوم وفي أحوال نادرة الباريوم . وتقع هذه المعادن فصيلة الليل الواحد أو الميول الثلاثة . ولكن بالرغم من هذا الاختلاف في الانفصال البلورية نجد أن البلورات تتشابه إلى حد كبير في هيئتها وزواياها . ولهذه المعادن انقسام واضح في مستويين يتقاطعان في زوايا تساوى أو تقرب من 90° . الصلادة حوالي ٦ ، والوزن النوعى يتراوح بين ٢.٥٥ و ٢.٧٦ .

التركيب الكيميائى . يمكن اعتبار معادن الفلspar الشائعة محاليل جامدة مكونات ثلاثة هى : أرثوكليز $KAlSi_3O_8$ ، أليث $NaAlSi_3O_8$ ، أنورثيت $CaAl_2Si_2O_8$.

أما النوع المحتوى على الباريوم . سلسيان $BaAl_2Si_2O_8$ فهو قليل الأهمية . ويكون الأليث والأنورثيت متسلسلة كاملة بين المحاليل الجامدة عند جميع درجات الحرارة ، بينما يكون الأنورثيت والأرثوكليز محلولاً جامداً محدوداً جداً ، أما الأليث والأرثوكليز فانهما يتكونان متسلسلة كاملة عند درجات الحرارة العالية فقط وغير كاملة عند درجات الحرارة الأقل ، ويمثل شكل (٢٢٧) هذه العلاقات ويمكن التعبير عن أى تركيب كيميائى في هذا المثلث بذكر النسبة الذرية للمكونات الثلاثة والتي تختصر إلى أ ب (أليث) ، أن (أنورثيت) ، أر (أرثوكليز) ، مثلاً $١٥ أن ٢ أر ٢$ (تقريباً أليث نقى) ، أ ب ٢ أن ١٨ أر (أرثوكليز غنى بالصودا) .

— ٤١٨ —



شكل (٢٧٧)

معادن الفلسبار البوتاسية

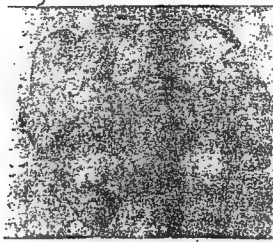
يوجد المركب الكيميائي $KAlSi_3O_8$ في أربعة أشكال بلورية في الطبيعة كل شكل منها يمثل معدناً مميزاً ، هذه الأشكال الأربعة هي : —

- ساندين : درجات الحرارة العالية ، يوجد في صخور بركانية حمضية .
- أرتوكلين : درجات الحرارة الأقل ، يوجد في صخور جوفية حمضية .
- ميكروكلين : درجات الحرارة الأقل ، يوجد في صخور البجماتيت الجرانيتية .
- أدولان : درجات الحرارة المنخفضة ، يوجد في العروق المائية الحارة .

وأكثر هذه المعادن انتشاراً في الطبيعة الأرتوكلين والميكروكلين .

أرثوكليز $KAlSi_3O_8$

يقلور الأرثوكليز في فصيلة الميل الواحد. نظام المنشور. البلورات منشورية الهبنة، وممتدة في اتجاه المحور ١ أو المحور ٢. تظهر البلورات أنواعا كثيرة من التوائم. يكثر وجود البلورات، شكل (٢٢٨)، أو السكتل المنفصمة أو الحبيبية ولكن في الصخور يوجد المعدن في هيئة حبيبات لاشكل لها.



شكل (٢٢٨): بلورات أرثوكليز

الصلادة = ٦. الوزن النوعي = ٢.٥٧. يوجد مستويا انفصام أحدهما موازى للمسطوح القاعدى {١٠٠} وهو كامل، والآخر موازى للمسطوح الجانبي {٠١٠} وهو جيد. البريق زجاجى. اللون أبيض أو رمادى. المخدش أبيض.

يتميز المعدن بلونه وصلادته وانفصامه، ويتميز عن البلاجيوكليزات براوية انفصامه القائمة وعدم وجود الخطوط الهائلة على التوائم المركبة على سطح الانفصام. يتحلل المعدن بسهولة بواسطة المياه المحملة بثاني أكسيد الكربون، وينتج عن التحلل كربونات البوتاسيوم التى تذوب في الماء. ويتخلف عن المعدن مخلوط من الكاولينيت والسليكا أو المستوفيت والسليكا.

الأرثوكليز من المعادن الواسعة الانتشار. ويوجد في الصخور النارية الحمضية مثل الجرانيت والسيانيت، كما يوجد في عروق البجماتيت (الميكروكلين أكثر

انتشاراً منه في هذه العروق) ، ويوجد أيضاً صفائح صخور الشست واليس والصخور الرسوبية مثل الأركوز ، وفي بعض الأحيان في الصخور الرملية والكتونجولميرات . يصاحب الأرتوكليز معادن الكوارتز والمكوفيت والآليت بصفة عامة في هذه الصخور .

يستعمل الأرتوكليز كمصدر رئيسي في صناعة الخرف حيث يطحن المعدن إلى مسحوق ناعم جداً ثم يخلط مع السكاويلين أو الطين والكوارتز . وعندما يسخن المخالط إلى درجات عالية من الحرارة ينصهر الفلسيار ويعمل كأداة للاحمة تربط أجزاء المخالط ببعضها ببعض ويكسب الفلسيار المصهور اللعنة اللاوانى الخوفية ، كما تستعمل كميات قليلة من الأرتوكليز في صناعة الزجاج لئلا المجينة الزجاجية بالألمنيوم .

ميكروكلين KAlSi_3O_8

يتبلور المعدن في فصيلة الجيوبل الثلاثة ، نظام المسطوح . البلورات ترومية وتقاطع مستويات التوائم بزاوية تقرب من 90° (مقطع المعدن تحت الميكروسكوب يبدو كشبكة مكونة من خطوط طولية وعرضية متقاطعة بزاوية قائمة) . لا يوجد هذا النوع من التوائم في الأرتوكليز . تبلغ بلورات الميكروكلين في بعض صخور الجيماتيت الجرانيت أحجاماً متضخمة . وقد يتداخل الآليت مع الميكروكلين .

الصلادة = ٠٦ الوزن النوعي = $2.54 - 2.57$. الانقسام موازى للمسطوح القاعدى $\{100\}$ والمسطوح الجانبي $\{010\}$ حيث يتقاطعان بزاوية مقدارها 89.3° (في الأرتوكليز تساوى هذه الزوايا 90°) . البريق زجاجى اللون أبيض أو أصفر باهت وفي بعض الأحيان النادرة أحمر . وقد يكون المعدن أخضر اللون ويعرف في هذه الحالة باسم حجر الأمازون Amazon stone شفاف أو نصف شفاف .

يتميز المعدن عن الأرتوكليز بنوع التوائم الموجودة به (يستعمل الميكروسكوب في هذا التمييز) ، وكذلك إذا كان لونه أخضر أو ميكروكلين . يوجد للمعدن في كثير من الصخور التي يوجد بها الأرتوكليز وخصوصاً

الجمائيت الجرافيتي. أما حجر الأمازون الذي يستخدم في أغراض الزينة فيوجد في جبال الأورال وبعض مناطق التروبيج ومدغشقر .

معادن الفلسبار البلاجيوكليزية

تتبلور معادن هذه المجموعة في فصيلة الميول الثلاثة . وتكون معادن البلاجيوكليز ، التي تعرف أيضاً بأسم معادن الفلسبار الصودية البكسية ، متمسكة كاملة من الأشكال المتشابهة تختلف في التركيب الكيميائي من الأليت ، $NaAlSi_3O_8$ ، إلى الأثورثيت $CaAl_2O_7O_8$ ، ويحل الكالسيوم محل الصوديوم ويصحب ذلك إحلال الألومنيوم محل السليكون . وتقسم هذه التسلسل إلى ستة أقسام اختيارية تبعاً لنسبة كل من الأليت والأثورثيت في كل قسم .

٪ الأليت	٪ الأثورثيت	Albite	أليت
٩٠-١٠٠	٠-١٠	Oligoclase	أوليغوكليز
٧٠-٩٠	١٠-٣٠	Andesine	أنديسين
٥٠-٧٠	٣٠-٥٠	Labradorite	لابرادوريت
٣٠-٥٠	٥٠-٧٠	Bytownite	بايتونيت
١٠-٣٠	٧٠-٩٠	Anorthite	أنورثيت

ويلاحظ في معادن البلاجيوكليز أن الخواص المختلفة تتدرج تدريجاً متظلاً بين الهالينين ، وذلك بالرغم من إعطائنا أسماء مختلفة للأنواع المتوسطة ، ولذلك يسهل الاحاطة بهذه المجموعة إذا نحن درسناها كلها كوحدة كاملة وليست كأنواع مجزأة .

أليت - أنورثيت

تتبلور معادن البلاجيوكليز في فصيلة الميول الثلاثة ، نظام المسطوح البلورات مسطحة وموازية المسطوح الجانبي {١٠٠} وأحياناً تكون ممتدة بمحاذاة المحور

ب . البلورات عادة ثوامية مركبة من عدة توائم حسب قانون الاليت التوأمي أو قانون بيريكلين Pericline ، وينتج عن هذه التوائم تخطيط الاسطح المختلفة البلورة ، وقد يسهل رؤية بعضها بالعين المجردة ولكنها تنكشف بسهولة تحت الميكروسكوب . يوجد المعدن عادة كحبيبات غير منتظمة الشكل في الصخور النارية .

الصلادة = ٦ . الوزن النوعي يتدرج من ٢.٦٢ إلى ٢.٧٦ ، شكل (١٧٦) صفحة (١٧٦) . يفهم المعدن بسهولة موازياً المسطوح القاعدي {١٠٠} ، وكذلك يوجد انقسام جيد موازى للمسطوح الجانبي {٠١٠} ، والواوية بين هذين الانقسامين تساوى ٦٤° ٩٥° في الاليت ، ١٢° ٩٤° في الانورثيت .

هذه المعادن عديمة اللون أو بيضاء أو رمادية وفي أحوال قليلة قد تكون مائلة للخضرة أو الأصفر أو الأحمر . البريق زجاجي أو لؤلؤي شفاف أو نصف شفاف . بعض الأنواع مثل لابرادوريت تظهر خاصية عرض الألوان Play of colors بوضوح .

التركيب الكيميائي : سليكات الصوديوم والكالسيوم والالومنيوم . توجد متسلسلة كاملة من التشابه الشكلي بين الاليت $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ، والانورثيت $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$. قد تحتوي الأنواع القريبة من طرف الاليت على كميات لا بأس بها من البوتاسيوم درجة انصهار المعدن من ٤ - ٤٥° ، وتعطى كتلة زجاجية عديمة اللون .

يمكن تمييز هذه المعادن إذا أمكن تحقيق الخطوط الناتجة من التوائم الاليتية على الاسطح الناتجة من الانقسام القاعدي ، أما التعرف على الأنواع المختلفة من البلاجيوكليزات على وجه البدقة فإنه يستلزم إجراء التحاليل الكيميائية والدراسات البصرية بالميكروسكوب ، وكذلك يمكن التفرقة بينها بواسطة تمييز الوزن النوعي .

وجودها في الطبيعة : تنتشر معادن الفلسبار البلاجيوكليزية (وهي معادن مكونة للصخور) في الطبيعة بصورة أكثر من معادن الفلسبار البوتاسية ، كما أنها أكثر منها كمية . توجد معادن البلاجيوكليز في الصخور النارية (بصفة عامة) والصخور المتحولة ، وفي حالات نادرة في الصخور الرسوبية .

ويعتمد تصنيف الصخور النارية على نوع وكية الفلسبار الموجود (أنظر صفحة ٢٢٠). وفي هذا التصنيف وجد — كمبدأ عام — أنه كلما ازدادت النسبة المتوية للسليكا في الصخر قلت كمية المعادن الداكنة وازدادت كمية الفلسبار البوناسي ويكون البلاجيوكليز الموجود من النوع الصودي ، والعكس صحيح ، كلما قلت النسبة المتوية للسليكا ازدادت النسبة المتوية للمعادن الداكنة وأصبح البلاجيوكليز الموجود من النوع السيليسي .

ألميت : بالإضافة إلى وجوده كمكون للصخور النارية فإن الألميت يوجد في جدد Dykes البجماتيت ، وقد يكون حالاً محل الأوليجوكليز السابق في عملية التبلور . ويطلق اسم كليفلانديت Cleavelandite على النوع القوي من الألميت الذي يوجد في صخور البجماتيت . وتبدأ بعض أنواع الألميت عرضاً للألوان وتعرف في هذه الحالة باسم حجر القمر Moonstone .

أوليغوكليز : يوجد في مناطق مختلفة في البروج حيث يحتوى على مكتنفات inclusions من الهيماتيت تكسب المعدن بريقاً وميضاً ذهبياً . ويعرف مثل هذا الفلسبار باسم حجر الشمس Sunstone أو Aventurine oligoclase . أنديسيت : يوجد كحبيبات في الصخور النارية ، خصوصاً في الطفوح البركانية . روبراويت : معدن منتشر في كثير من الصخور النارية القاعدية وكذلك كمعدن أساسي وحيد في صخر الأنورثوزيت Anorthosite يوجد على ساحل ليرادور بكندا في هيئة كتل كبيرة منفصلة تبدأ عرضاً راتماً للألوان . بايثويت : يوجد كحبيبات في الصخور النارية القاعدية .

أنورثيت : أقل انتشاراً من النوع الصودي . يوجد في الصخور النارية وكذلك في بعض الصخور الجيرية الحبيبية المتحولة بالحرارة . تستعمل بعض أنواع معادن البلاجيوكليز في صناعة الأحجار الكريمة . أما اللابرادويت ذو خاصية عرض الألوان فيستخدم في صناعة أحجار الزينة ، ويستعمل الألميت (يطلق عليه تجارياً اسم صودا سبار) في صناعة الخوف طريقة مماثلة لطريقة استعمال الأرتوكليز .

مجموعة معادن الفلسباثويد

تحتل معادن هذه المجموعة من الناحية الكيميائية معادن الفلسبار ، فهي أيضا سليكات ألومنيومية البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم بصفة أساسية ، وبعض الأيونات الأخرى بصفة قليلة . والاختلاف الرئيس بين الفلسباثويد والفلسبار يرجع إلى كمية السليكا الموجودة في كل منها . فتحتوى معادن الفلسباثويد على ثلثي كمية السليكا الموجودة في معادن الفلسبار القلوية تقريبا ، وعلى ذلك فإنها تميل إلى التكون من المحاليل الشبة بالقلويات (الصوديوم والبوتاسيوم) والفقيرة في السليكا . ويتكون بناء الفلسباثويدات القرى من هيكل متشابك من السليكات الألومنيومية حيث تستضيف الفراغات البينية الكاتيونات (الصوديوم ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم) ، وكذلك بعض الأيونات الغريبة (كلورين ، كربونات ، كبريتات) . فثلا يوجد الكلورين بصفة أساسية في صوديوم ، وفي كافكربيت يوجد أيون الكربونات ، بينما يحتوى نوزليت على الكبريتات ويحتوى لازوليت على أيونات الكبريتيد والكلورين .

لوسيميت $KAISi_3O_8$

يتبلور في فصيلة المكعب . يكثر وجود شكل ذو الأربعة وعشرون منحرفا على البلورات . يتبلور المعدن من اللافا (الحمم) في الصخور البركانية . الصلادة = ٥.٥ . الوزن النوعي = ٢.٤٥ - ٢.٥٠ . البريق زجاجي أو معتم . اللون أبيض . نصف شفاف .

يشير المعدن بشكله البلوري وعدم انصهاره . المعدن أقل صلادة من الجارنت . لوسيت من المعادن النادرة نسبيا . يوجد في الصخور البركانية الحديثة مثل الطفوح الناتجة من بركان فيوف .

نيفيلين $NaAISiO_3$

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي ، نظام الهرم ، يوجد عادة في هيئة كتلية متساكنة أو حبيبات منتشرة في الصخر . الصلادة = ٥.٥ - ٦ . الوزن النوعي = ٢.٥٥ - ٢.٦٥ . الانقسام واضح وموازي للنشور { ٠.٦٠١ } . البريق

زجاجى فى البلورات الشفافة أو شحمى فى الأنواع الكتلية . اللون أبيض أو رمادى أو مائل للاصفرار . شفاف أو نصف شفاف .

يشتمل المعدن فى الأنواع الكتلية بريقه الشحمى . يفرق عن الكوارتز بصلادته الأقل ، وعن الفلسبار بتحويله إلى مادة غروية فى الأحماض . يتحلل المعدن بسهولة ليعطى معادن مختلفة مثل المسكوفيت والسكوليت والزيوليت (سليكات غنية بالماء للاكرومتيوم والفلويات ، وهى معادن ثانوية النشأة) . يوجد النيفلين فى الصخور النارية خصوصاً البركانية الحديثة ، حيث يقبلور من المagma الغنية بالصودا والفقيرة فى السليكا .

كانكرينيت : سليكات مائية الصوديوم والكالسيوم والألومنيوم ، معدن يشبه النيفلين فى الوجود فى الطبيعة والمعادن التى يصاحبها إلا أنه نادر الوجود .

صوداليت $Na_8(AlSiO_4)_6Cl_2$

يتبلور صوداليت فى فصيلة المكعب ، نظام سداسى الثماني الأوجه . البلورات نادرة . عادة كتلى أو حبيبات منتشرة . الصلادة = ٥-٦ . الوزن النوعى = ٢.١٥ - ٢.٢٠ . الانقسام لإثنا عشر وجهاً معيناً $\{011\}$. البريق زجاجى اللون عادة أزرق . وكذلك أبيض أو رمادى أو أخضر . شفاف . درجة الانصهار $3 - 4$. ويعطى مادة زجاجية عديدة اللون . يوجد صوداليت فى صخور البسانيت النيفلينى والترابى والفونوليت مصاحباً لمعادن نيفلين وكانكرينيت وغيرهما من معادن الفلسباتويد .

معادن مشابهة . هوبنيت $Na_{10}(AlSiO_4)_6(SO_4)_2 - 3H_2O$ Haunite $(Na, Ca)_8(AlSiO_4)_6(SO_4)_2$

نوريليت $Na_8(AlSiO_4)_6SO_4$ Noelite

لازوريت (اللايز)



يتبلور المعدن فى فصيلة المكعب . البلورات نادرة . عادة كتلى متناك . الصلادة = ٥ - ٦ . الوزن النوعى = ٢.٤ - ٢.٤٥ . الانقسام اثنا عشر

زجها معنا { ٠.١١ } غير كامل ، البريق زجاجي . اللون أزرق عميق كالزهره ،
 Azure blue ، أزرق مائل للخضرة ونصف شفاف . درجة الانصهار = ٢١٠°
 ويلون اللهب بلون أصفر (صوديوم) .

لازوريت معدن نادر ، ويوجد عادة في الصخور الجيرية المتبلورة نتيجة
 التحول الحرارى ، واللايز (Lapis Lazuli) عادة عبارة عن مخلوط من
 اللازوريت مع كميات بسيطة من السكاليت والبيروكسين ، كما يحتوى عادة على
 جسيمات منشرة من البيريت . ويستخرج أحسن أنواع اللايز من شمال شرق
 أفغانستان . كما يوجد في سيبيريا والصين . يستخدم المعدن كحجر كريم .

بتالايت $\text{Li(AlSi}_4\text{O}_{10})$

يتبلور بتالايت في فصيلة الميل الواحد ، نظام المسقوف . البلورات نادرة .
 يوجد عادة في هيئة كتل قد تكون منفصلة .

الصلادة = ٦ - ٦.٥ . الوزن النوعى = ٢.٤٤ . انقسام قاعدى { ٠.٠٠ }
 كامل . المكسر عمارى غير كامل . قابل للكسر . البريق زجاجي ، ولؤلؤي
 على (١٠٠) . عديم اللون أو أبيض أو رمادى ، شفاف أو نصف شفاف .
 درجة الانصهار = ٥٠٠° ، ويلون اللهب بلون الليثيوم الاحمر .

يوجد البتالايت في صخور البجائيت مصاحبا الكوارتز والمعادن المحتوية على
 الليثيوم مثل سيوديومين ولييدوليت وتورمالين .

مجموعة معادن سكابوليت

توجد معادن سكابوليت في الصخور المتحولة ، وقوانينها الكيميائية تشبه
 معادن الفلسبار ، أما بناؤها الذرى فيتكون من سلاسل لا نهائية من هياكل
 السيليكات الألومنيومية المتشابكة والممتدة موازية المحور c . البلورات عبارة
 عن منشورات رباعية مستطيلة في موازاة المحور c . والبناء مفتوح نوعا ما
 ويستوعب أيونات كبيرة مثل الكلورين والكبريتات والكربونات بنفس

الطريقة التي توجد بها هذه الانيونات في معادن الفلسباثويد . وتوجد متسلسلة كاملة من الاشكال المتشابهة بين الطرف الصردى مرياليت Marialite والطرف الكلسي ميونيت Meonite . ويمكن التعبير عن قانون مرياليت بأنه مكون من ثلاثة أوزان لقانون الاليت $3(\text{NaAlSi}_3\text{O}_8)$ مضافا إليها وزن واحد لقانون NaCl . أما الميونيت فيتكون من ثلاثة أوزان لقانون أنورثيت $3(\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ مضافا إليها وزن واحد لقانون CaCO_3 أو CaSO_4 . وتعمل أيونات الكالسيوم محل الصوديوم لإحلالا مطلقا ويصاحبها طبعا إحلال الالومنيوم محل السيليكون لينتج التبادل الكهربائي . تماما كما هو الحال في معادن البلاجيوكليس . كذلك يوجد لإحلال تام بين أيونات الكربونات والكبريتات والكلوئين . ويطلق على النوع المتوسط للاسكابوليت بين الطرفين الصودي (مرياليت) والكلسي (ميونيت) اسم ويرنيريت *Wernerite* .

سكابوليت (ويرنيريت)

فصيلة الرباعي . نظام الهرم المتعكس . البلورات مقشورية . الصلادة = ٥ - ٦ . الوزن النوعي = ٢.٦٥ - ٢.٧٤ الانقسام مقشوري ، يوجد كلا النوعين $\{0.1\}$ ، $\{0.11\}$. البريق زجاجي عندما يكون غير متحل . اللون أبيض أو رمادي أو أخضر باهت . شفاف أو نصف شفاف .

التركيب الكيميائي : يتدرج التركيب الكيميائي بين الطرف الصودي : مرياليت $(\text{Cl}, \text{CO}_3, \text{SO}_4)(\text{Na}, \text{Ca})_4\text{Al}_6(\text{Al}, \text{Si})_9\text{Si}_6\text{O}_{36}$ والطرف الكلسي : ميونيت $(\text{Cl}, \text{CO}_3, \text{SO}_4)(\text{Ca}, \text{Na})_4\text{Al}_6(\text{Al}, \text{Si})_9\text{Si}_6\text{O}_{36}$. درجة الانصهار = ٣ مع الارتفاع وحدث رغوة وتكوين مادة وجاجية .

يوجد معدن سكابوليت في صخور الست والتيس والأمفيبوليت ، وفي حالات عديدة . يحتمل تكونه نتيجة لتحلل معادن الفلسبار البلاجيكلوية . كما يوجد المعدن بصفة مميزة في الصخور الجيرية المتبلورة المتكونة بالتحول الحراري الذي يحدث نتيجة لتداخل صخور نارية . يصاحب المعدن ديوبسيد وأمفيبوليت وجارنت وأباتيت وسفين وزركون .

مجموعة معادن زيوليت

Zeolites

تضم هذه المجموعة عدداً كبيراً من المعادن السليكاتية المائية ، التي تتشابه في تركيبها الكيميائي ، والمعادن المصاحبة لها ، ووجودها في الطبيعة . ومعادن الزيوليت عبارة عن سليكات للالومنيوم والصدوديوم والكالسيوم بصفة أساسية وتحتوي على نسبة كبيرة من الماء . وتتراوح صلادة أفرادها من ٢.٥ إلى ٥.٥ بينما يتراوح الوزن النوعي من ٢.٠ إلى ٢.٤ ويصغر كثير من معادن الزيوليت بسهولة ، ويصحب ذلك انتفاخ وحدث رغو ، تلك الصفة التي اشتق منها اسم المجموعة زيوليت Zeolites ، الذي يتكون من مقطعين باللغة اليونانية معناهما « يملئ » و « حجير » . وهذه المعادن ثانوية النشأة . وتوجد بصفة مميزة في الفراغات والفقايع والمروق في الصخور النارية البركانية القاعدية .

تشبه معادن الزيوليت في تركيبها الكيميائي وبنائها الذري معادن الفسفاة ، إذ تتكون من سلاسل حلقة (تماثل رباعي) من رباعيات الأوجه SiO_4 ، AlO_4 وتصل السلاسل بعضها ببعض عن طريق الكاتيونات البينية ، وهي الصدوديوم والبروتاسيوم والكالسيوم والباريوم ، وتكون هذه السلاسل بناء مفتوحاً ذا قنوات Channel ways يتواجد فيها الماء وغيره من الجزيئات . ويرجع اهتمامنا بمعادن الزيوليت إلى وجود هذه القنوات الفسيحة . وعندما يسخن معدن زيوليت فإن الماء يطرد بسهولة وباستمرار بارتفاع درجة الحرارة تاركاً البناء الذي للمعدن سليماً ، وهذا لا يحدث بالمرّة في المعادن المائية الأخرى ، مثل الجبس ، التي تتفكك بجزيئات الماء في البناء نفسه ، ويؤدي طرد الماء فيها إلى انهيار البناء الذري للمعدن . ويمكن أن يطرد الماء كله من القنوات في معدن الزيوليت ، يمكن ملء هذه القنوات بالماء أو الأمونيا أو بخار الزئبق أو بخار اليود أو غيرها من المواد المختلفة . وهذه العملية هي عملية اختيارية . وتتوقف على نوع البناء الزيوليتي وحجم الجزيئات التي تسمح لها بالدخول ، وعلى ذلك تستعمل معادن الزيوليت الآن كصافي للجزيئات وفصل الأنواع المختلفة من هذه الجزيئات بعضها من بعض . ولمعادن الزيوليت فائدة أخرى ناشئة عن بنائها . عندما يمر الماء بسهولة في القنوات الداخلية فإن الأيونات الموجودة في محلول الماء يمكن أن تستبدل

exchanged مع الأيونات الموجودة في بناء المعدن ، وتعرف هذه العملية باسم « المبادلة القاعدية » ، base exchange ، أو « المبادلة الكاتيونية » ، cation exchange ، وهذه الطريقة أمكن استعمال معادن الزيوليت أو المركبات الصناعية ذات البناء الزيوليتي لإزالة عسر الماء والزيوليت المستعمل في هذه الأحوال له التركيب الكيميائي $Na_2Al_2Si_8O_{20} \cdot 2H_2O$ تقريباً (مثل نظروليت) ويمرر الماء « العسر » (الذي يحتوي على أيونات كالسيوم والمحلول) في حوض مليء بمحبيات الزيوليت، وتحل أيونات الكالسيوم محل أيونات الصوديوم في الزيوليت مكونة مركب $CaAl_2Si_8O_{20} \cdot 2H_2O$ وتذهب أيونات الصوديوم إلى المحلول . وعندما يتشبع الزيوليت الموجود في الحوض بالكالسيوم يمرر المحلول مركز من كلوريد الصوديوم في الحوض وترغم درجة التركيز العالية لأيونات الصوديوم التفاعل أن يأخذ اتجاها عكسياً . ويستعاد تكوين المركب $Na_2Al_2Si_8O_{20} \cdot 2H_2O$ ويذهب الكالسيوم إلى المحلول .

أناالسيت « أناالسيم » $Na(AlSi_3O_8) \cdot H_2O$

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب . نظام سداسي الثماني الأوجه . تظهر عادة أوجه شكل شبه المنحرف المكون من أربعة وعشرين وجهاً . يوجد عادة في هيئة بلورات وكذلك كتل حبيبية . الصلادة = ٥ - ٥.٥ . الوزن النوعي = ٢.٢٧ . البريق زجاجي . عديم اللون أو أبيض . شفاف أو نصف شفاف . درجة الانصهار ٢٦ ويتحول إلى مادة بيضاء ثم وجاجية شفافة . يلون الذهب بلون أصفر (الصوديوم) . يعطى ماء في الأيونية المقفولة .

أناالسيت عموماً معدن ثانوي النشأة يتكون تحت تأثير المياه الجارية الحارة ولذلك يوجد مترسباً في فجوات الصخور النارية البركانية . ويصاحب الكالسيت ومعادن الزيوليت الأخرى .

نظروليت $Na_2(Al_2Si_8O_{20}) \cdot 2H_2O$

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد . نظام الوتر . معيني قائم كاذب . منشورات ولبر . يوجد عادة في هيئة مجموعات لبلورات شعاعية . كذلك ألباني أو كتلي أو حبيبي أو متماسك .

الصلادة = ٥ - ٥.٥. الوزن النوعي = ٢.٢٥ الانقسام منشوري { ٠.١١ }
كامل . البريق زجاجي . عديم اللون أو أبيض . شفاف أو نصف شفاف . درجة
الانصهار ٢.٥ . يعطى مادة زجاجية ويلون الذهب بلون أصفر (صوديوم) .
تفروليت معدن ثانوي النشأة . يوجد مبطناً للفجوات في صخور البازلت
ويصاحب معادن زيوليت أخرى وكالسيت .

كبابزيت $(Ca,Na)_2(Al_2Si_4O_{12})6H_2O$

فصيلة الثلاثي . أشكال معينة الأوجه . وعادة توأمت متداخلة . الصلادة
= ٤ - ٥ . الوزن النوعي = ٢.٥ - ٢.١٥ . الانقسام { ٠.١٠ }
ضعيف . اللون أبيض أو أصفر أو وردي . شفاف أو نصف شفاف . درجة
الانصهار ٣ . يتحلل (دون حدوث فوران) بواسطة حامض الهيدروكلوريك
كبابزيت معدن ثانوي النشأة يوجد مصاحباً لمعادن الزيوليت الأخرى ومبطناً
الفجوات في البازلت .

هيولنديت $Ca(Al_2Si_7O_{28}) \cdot 6H_2O$

الميل الواحد . ولكنها معينة قائمة كاذبة . الصلادة = ٣.٥ - ٤. الوزن
النوعي = ٢.١٨ - ٢.٢٢ . الانقسام كامل موازى للمسطوح الجانبي { ٠.١٠ } .
البريق زجاجي ، ولؤلؤى على سطح الانقسام . عديم اللون أو أبيض أو أصفر
أو أحمر . شفاف أو نصف شفاف . درجة الانصهار ٣ .
هيولنديت معدن ثانوي النشأة يوجد في الفجوات في الصخور النارية البركانية
القاعدية ومصاحباً لمعادن الزيوليت الأخرى والكالسيت .

ستيليت $Ca(Al_2Si_7O_{28})7H_2O$

الميل الواحد . ولكنها معينة كاذبة (توأمت متصالبة) البلورات موجودة
في حزم . الصلادة = ٣ - ٤ . الوزن النوعي = ٢.١ - ٢.٢ . الانقسام
مسطوح جانبي { ٠.١٠ } كامل . البريق زجاجي ولؤلؤى على سطح الانقسام .
اللون أبيض . نصف شفاف . درجة الانصهار ٣ . ستيليت معدن ثانوي النشأة
يوجد في الفجوات في صخور البازلت وما شابه من الصخور البركانية .

الباب العاشر

المعادن في الصناعة

يرجع استغلال الثروات المعدنية الى آلاف من السنين مضت . ومنذ ذلك، الزمن البعيد والمعادن تسهم بنصيب وافر في بناء حضارة الانسان .

في العصر الحجري القديم استعمل الانسان الاول مواد غير فلزية هي الصوان والكوارتز (المرو) وأحجار صلبة وأخرى رخوة ، وذلك لعمل سلجته وأدواته وفي اغراض التفتش . ولقد استعمل الطين الى درجة كبيرة كبيرة في اول الامر في صناعة الفخار ، ثم تلى ذلك استخدامه في صناعة الطوب . ومما لا شك فيه أن صناعة الطوب تعتبر أول صناعة معدنية قام بها الانسان القديم ، ولقد ظلت هذه الصناعة باقية على نطاق واسع حتى وقتنا هذا . لقد تم اكتشاف أدوات فخارية يرجع تاريخها الى أكثر من عشرة آلاف سنة وتوجد الى ثلاثين سنة قبل الميلاد ، لقد استعمل البابليون والمصريون التقياء الواح الطين والطوب بكبيات كبيرة في بناء مدنهم ، وفي الرى ، وفي مواد الكتابة ، وبعد ذلك استخدمت أحجار البناء على نطاق كبير . ويعتبر بناء الأهرامات (٢٩٦٠ - ٢٩٢٥ ق . م .) أكبر شاهدة اثبتت على هذه الصناعة المعدنية الفخمة التي قامت في تلك الأزمنة السحيقة . سذر على ذلك ان الهرم الأكبر يضم مليونين وثلاثمائة ألف قطعة مكعبة الشكل تقريبا من الحجر الجيري ، تزن الواحدة منها ٢ طن في المتوسط . ولقد استخدم انسان العصر الحجري القديم في الفترة التي سبقت ٧٠٠٠ سنة قبل الميلاد ثلاثة عشر نوعا من المواد المعدنية نذكر منها الكوارتز بأنواعه والبيريت والكالكسيت والكهرمان والتلك وذلك بالإضافة الى البويات المعدنية والفراغات المختلفة .

اما في العصر الحجري الحديث فقد تميزت على الانسان على الذهب والنحاس والفيروز وغيرهما من المعادن . ولقد وصلت صناعة الاحجار الكريمة واستخراجها عند قدماء المصريين والبابليين والاشوريين والهنود مرتبة عالية . وترجع الرغبة في اقتناء الاحجار الكريمة الى الاعجاب ببجالاتها وروعيتها التي تأخذ بالفتوس والوانها الجذابة ، فاستخدموا الفيروز (ذو اللون الازرق المشوب بخضرة جميلة) ، الالميث (ذو اللون البنفسجي) ، والزمرد (ذو اللون الاخضر) ، والمالاكي ، والكاربيليان (الاحمر) والاجيت والكالسيدوني والحارث . ويتدكان التمتع يصنعون لهذه الاحجار اوجها مقفولة . او يشكلونها

على هيئة كرات وأشكال بيضاوية ، استخدموها في عقودهم وحليهم ، ويبدو انه كان هناك في تلك الإزمنة الفخبرة نوع أو آخر من التبادل التجارى بين الدول ، اذ يحتفل أن يكون قدماء المصريين قد حصلوا على اللاييز (والذي لا يوجد في مصر) من أفغانستان التي تبعد - ٣٧٠٠ كيلو مترا عن مصر .

ان اقدم مناجم استغللت في مصر كانت منذ حوالي ٢٠٠٠ ق م . حين ارسل الفرعوننة البعثات المكونة من المهندسين والمستكشفين الى شبه جزيرة سيناء حيث استغلوا معادن النيروز ومعادن النحاس حيث يوجد بقايا اقدم من لصهر النحاس في العالم . كانت طريقة صهر النحاس بدائية نسبيا . فقد كانت تخلط قطع الملائكة (كربونات النحاس المائية) بالاختشاب أو بالفحم النباتي وتوضع في حفرة قليلة العمق ، ويحرق هذا الخليط بمساعدة أنابيب نفخ الهواء (البوري) . ولقد كان للآلات النحاسية التي صنعت من هذا النحاس الفضل في تطور آلات استخراج المعادن وفي تنمية صناعة الاواني الحجرية .

ذهب القدماء أيضا الى الصحراء الشرقية حيث حفروا الارض بئرات للتعقب والاتفاق بحثا عن الزمرد . ويقال ان هذه الانشادات المنجسية وصلت الى عمق يقرب من ٣٠٠ مترا ، وبلغت من الاتساع بحيث تسمح لاربعائة رجل بالعمل فيها دفعة واحدة . ويعتقد ان الذهب استعمل قبل النحاس . ولقد استخدم قدماء المصريين رعى يدوية مصنوعة من صخر الديوريت الصلب لطحن صخور الكوارتز الحاوية على الذهب . ثم استخلصوا الذهب بفصل الطحين من اوانى ملائى بالماء فيرسب ثبات الذهب (لثقله) الى القاع وتبقى المواد القريبة عالقة في الماء بعض الوقت .

ازدادت معرفة الانسان بالمعادن والصخور واستخدامه لها على مر السنين ، وأمكن استخلاص الفلزات منها . وانتقل الانسان من عصر النحاس والبرونز الى عصر الحديد والفحم والبتروول . وحاليا عصر البورانيوم (الاشعاط النووى) ثم عصر السيليكون (اشباه الموصلات وصناعة الآلات الحاسبة) .

وقدما كانت المعادن الثمينة والاحجار الكريمة تحتل مكان الصدارة ، ولكن منذ اختراع الانسان للآلات ، انتقلت أهمية المعادن الى معادن الحديد والنحاس والرمال والزلتك والماس (النوع المستخدم في المستعانة) والبورانيوم والسيليكون . ولقد بلغ من اعتماد مخنية الانسان على المعادن ما تشير به الاحصائيات من تضاعف انتاج المعادن في النصف الاول من القرن الحالى (العشرين) عن كل ما انتج من معادن قبل ذلك ثم تضاعف الانتاج مرة

أخرى في السنوات الخمس وعشرين الأخيرة (الربع الثالث من القرن العشرين) .

ومن هذا نرى الأهمية القصوى للمعادن في بناء مخنية الإنسان ودعم اقتصادياته . أننا نلاحظ أن جميع المواد غير العضوية التي تتداول في التجارة إما أن تكون معادن أو مواداً أصلها معادن .

يمكن تصنيف الصناعات التي تستخدم المعادن إلى الاتساع التالية :

- ١ - صناعة الفلزات .
- ٢ - صناعة أشباه الموصلات .
- ٣ - صناعة الخزف .
- ٤ - صناعة مواد الصنفرة .
- ٥ - صناعة الأحجار الكريمة .
- ٦ - صناعة مواد البناء .
- ٧ - صناعة الحرارية .
- ٨ - صناعة الكيماويات .

١ - صناعة الفلزات

صناعة الفلزات الحديدية :

يأتي الحديد على قمة ما يعرف باسم الفلزات الحديدية والتي تضم بالإضافة إلى الحديد فلزات المنجنيز والكروميوم والتيتانيوم والنيكل والكوبالت والتنجستن والمولبدنوم ، بينما يأتي النحاس على قمة الفلزات غير الحديدية والتي تضم بالإضافة إلى النحاس فلزات الألومنيوم والرماس والزنك والتصدير والزرنيق والانتيمون . أما بقية الفلزات فتضمها مجموعات الفلزات الثمينة (الذهب والفضة والبلاتين) ، والفلزات الخفيفة (البيريليوم والليثيوم والروبينيوم والميزيوم والمغنسيوم) ، والفلزات السامة (الزرنيوم والتانتوم والنيوبيوم) ، ثم الفلزات المشعة (اليورانيوم والتوريوم) ،

الحديد : يعتبر الحديد بدون منازع العمود الفقري لقوة الدولة العسكرية والاقتصادية (وأنزلنا الحديد فيه بأس شديد ومنافع للناس) . ويتم انتاج

الحديد من خاماته المعدنية على مراحل أربع : الحديد الغفل ، الحديد الزهر ، الحديد المطاوع ، الصلب ، لكل مرحلة نوعها الخاص من الأفران والمحولات . ويعتبر الهيماتيت والجرانيت (الليمونيت) والماسجنيت أهم المعادن المكونة لخاماته الحديد . ويعتبر الكبريت والفوسفور والزرنيخ شوائب ضارة غير مرغوب في تواجدها في الخام ، بينما يعتبر النيكل والكروميوم والتيتانيوم والمولبدنوم والفانديوم عناصر مرغوب في تواجدها في الخام . يقدر احتياطي العالم من خامات الحديد الفنية بحوالى ١٥٠ بليون طن ، وتتوافر معظم هذه في دول الاتحاد السوفيتى ووسط أوروبا (إقليم الألباس واللورين) وكندا وفنزويلا والصين وانجلترا والهند والبرازيل .

وقد بلغ انتاج العالم من الحديد عام ١٩٨٠ ما يقرب من ٧٠٠ مليون طن ويأتى الاتحاد السوفيتى (١٤٩ مليون طن) واليابان (١١١ مليون طن) والولايات المتحدة الأمريكية (١٠٠ مليون طن) في القمة ، بينما تنتج الجزائر مليوناً ونصف المليون طن ولا يتجاوز انتاج مصر المليون طن . وذلك في الوقت الذى يتجاوز فيه احتياطي الدول العربية ثلاثة بلايين طن (معظمها في الجزائر) .

وتدخل الفلزات الحديدية التالية في صناعة أنواع مميزة من سبائك الصلب تستعمل في أغراض معينة تبعاً لخواصها من مقاومة للصدمات إلى مقاومة الانسهار إلى الصلابة العالية جداً .

المنجنيز : ومعادنه البيروكس ، والماتجانيث والبسيلوميلين ويدخل في صناعة قضبان السكك الحديدية والمنشآت الحديدية والصلب عالى المنجنيز الذى يستخدم في الكسارات وعمليات تجهيزات المناجم التى تحتاج ادواتها الى صمود للتآكل وتحمل للضغط . ويقدر ما ينتجه العالم من خام المنجنيز ما يقرب من خمسة ملايين طن ، ينتج الاتحاد السوفيتى منها النصف . وتنتج المغرب حوالى ١٥٠ ألف طن بينما تنتج مصر نصفه هذا الرقم تقريباً .

الكروميوم : يستخدم الكروميوم في صناعة السبائك (٤٠ ٪) من انتاج العالم للكروميت (وفي صناعة الحرايرب (٥ ٪) وفي الصناعات الكيميائية (١٥ ٪) . تتميز سبائك الكروميوم باكتسابها صلادة والقابلية للطرق والسحب ومقاومة التآكل والمقاومة العالية للكهرباء ومقاومة الصدأ . ويستخدم الكروميوم من معدن الخام المغموس بهم كروميت . ويبلغ انتاج العالم من خام الكروميت خمسة ملايين طن ، تسعين بالمائة منها تنتج ست دول

هي : الاتحاد السوفيتي (٢٢٪) وجنوب افريقيا (٢١٪) والبلين (١٥٪) وزيمبابوي (١٣٪) وتركيا (١٢٪) وألبانيا (٥٪) . يلاحظ انه باستثناء الاتحاد السوفيتي فان جميع الدول الكبرى المنتجة للحديد والمصلب في العالم تنظر الى انتاج الكروميت مما يجعلها تعتمد كليا على استيراد احتياجاتها من الكروميت .

النيكل : تنوع استخدامات النيكل في الصناعة لدرجة تجعل هذا الفلز ذات اعبية كبيرة . يستخدم النيكل في انتاج (١) السبائك الحديدية المستخدمة في الصلب الذي لا يصدأ والصلب ذو المقاومة العالية والتلبلة للسحب وكلها انواع تستخدم في صناعة السيارات والطائرات وقضبان السكك الحديدية والطواحين ومعدات المناجم . (٢) اما السبائك غير الحديدية فيخلط النيكل فيها بالنحاس والزنك لتستخدم في أغراض الزينة ، بينما يستخدم برونز النيكل في الهندسة البحرية . (٣) اما النيكل النقي فيستخدم في الطلاء بالنيكل .

يأتي معظم انتاج العالم الآن من النيكل من كندا والاتحاد السوفيتي وكوبا والولايات المتحدة الامريكية وجزيرة نيوكاليدونيا واسرائيل ، ويبلغ انتاج العالم من خام النيكل (معادن بنتلانديت ، ميليريت ، نيكوليت ، جارنيريت) ما يقرب من اربعمائة ألف طن .

التيتانيوم : كانت استخدامات التيتانيوم حتى عام ١٩٥٠ محدودة جدا ، وربما كان الاستعمال الوحيد حتى ذلك الوقت هو في صناعة طلاء (بوية) اللاصق الابيض ذو قوة الحجب المتميزة من اكسيد التيتانيوم والذي يتميز عن الطلاءات الاخرى البيضاء التي يدخل في صناعتها الرصاص والزنك . يعتبر اهم استخدام للتيتانيوم في الوقت الحاضر هو في صناعة مخرعات الطائرات النفاثة والصواريخ وخزانات الوقود حيث لا تحدث شروخ في هذه الخزانات المصنوعة من سبائك التيتانيوم بالسهولة التي تحدث في فلزات اخرى . يحصل العالم على التيتانيوم من معدني الالمنيوم والروتيل حيث يبلغ الانتاج السنوي من هذين المعدنين أقل من مليون طن وتنتج الولايات المتحدة الامريكية وكندا اكثر من نصف هذه الكمية .

الكوبالت : يستخدم الكوبالت حاليا في صناعة سبائك الكوبالت المتنوعة واهمها سبيكة الكوبالت (الحديدية وغير الحديدية) المستخدمة في صناعة المضخات الدائمة والقادرة على رفع حمولات كبيرة تصل الى ٦٠ ضعف وزن المضخات المستخدم . ويحصل العالم - على الكوبالت من معادن خام الكوبالت (ثيت ، كوباليت ، سيلفيت) . يحصل العالم على احتياجاته من

خام الكوبالت التي تصل إلى خمسة عشر ألف طن سنوياً من زائير وزامبيا وأوغندا والمغرب في أفريقيا ، ومن الولايات المتحدة وكندا .

التنجستن المولبدوم : ولو أن معرفتنا بالتنجستن تعود إلى استخدامنا له من وقت طويل في صناعة فتيلة المصابيح الكهربائية التي تضيء لنا في البيوت إلا أن هذه الصناعة لا تستهلك أكثر من ٢٪ من انتاج العالم من خام التنجستن ، أما ٩٥٪ من انتاجه فيستهلك في صناعة الصلب . كذلك يستخدم المولبدوم في صناعة الصلب . ويتميز صلب التنجستن وصلب المولبدوم بكفاءة عالية في طلع الاشياء (فلزات وغير فلزات) حتى ولو كانت هذه العملية تتم عند درجة حرارة عالية دون أن تتفقد الآلات الممنوعة منها فاعليتها (تطلع هذه الآلات الصلب القادى كما لو كنا نقطع قطعة من الجبن يسكين) . كما تستخدم سبائك التنجستن والمولبدوم في صناعة المكابس الثقيلة . البوليمرايت خام التنجستن ، أما المولبدنيت فهو خام المولبدوم .

صناعة الفلزات غير الحديدية :

النحاس : يحتل أن يكون النحاس أول فلز استخدمه الإنسان في العصر الحجري الحديث (عصر النحاس وعمر البرونز) . تعزى الأهمية الاستراتيجية للنحاس إلى مقدرته الفائقة على توصيل الكهرباء حيث تستخدم كميات ضخمة من النحاس في الصناعات الكهربائية وسبائك النحاس . سبائك النحاس كثيرة نذكر منها البرونز (٨٠ - ٨٨٪ نحاس والباقي قصدير) والنحاس الأصفر (سبيكة من النحاس والزنك) والفضة الالمانية (سبيكة من النحاس والزنك والنيكل) والكوبلت (سبيكة من النحاس والالمنيوم والحديد) .

يحصل العالم على النحاس الذي يستعمله من خلائته وأهم المعادن المكونة لهذه الخامات الكالكوبيريت والكالكوسيت وبعض المعادن الكبريتيدية والكاربوناتية والكوريدية المتأكسدة ويبلغ الانتاج السنوى العالمى لخام النحاس ما يقرب من خمسة ملايين طن تنتج الولايات المتحدة الأمريكية وحدها نصف هذا الرقم ويليه زامبيا والاتحاد السوفييتى وكندا وشيلي . وتكون دول زائير وزامبيا وشيلي وبيرو منظمة تعرف باسم منظمة دول مفتحي ومصدري النحاس .

الرصاص والزنك : يستخدم الرصاص في التكنولوجيا الذرية والنووية حيث تصنع منه الواح الرصاص وتغليف الكابلات وسبائك متعددة ، ودروع الوقاية من الاشعاع السينية وأحرف الطباعة والبطاريات الكهربائية في وسائل النقل .

أما الزنك فيستخدم في عمليات الجلفنة (أى تغطية الواح الحديد بغشاء رقيق من فلز الزنك تمنع الحديد من الصدأ) . كما يستخدم الزنك في صناعة سبائك كثيرة ، وكذلك في صناعة المواسير والألواح وفي الصناعات الكيماوية .

يرجع الجمع بين الرصاص والزنك في عنوان واحد الى تواجد الفلزين عادة مع بعضهما البعض في الطبيعة في رواسب معقدة من الخامات تحتوى ايضا على فلزات الفضة والكاديوم والنحاس والذهب والتصدير والكوبالت وغيرها من العناصر الشحيحة بتركيزات متفاوتة . ولكن هناك ايضا رواسب منفصلة لكل من خامات الرصاص والزنك .

يحمل العالم على الرصاص من معادن خامات الرصاص وأهمها الجالينا ويكثر وجود الفضة في هذا المعدن بكبكت تجعل انتاجها كفلز جاذبي عملا مربحا ، ولا نبالغ اذا قلنا أن معظم الفضة التى يحصل عليها العالم تأتي من خامات الرصاص . وينتج العالم سنويا ما يقرب من ثلاثة ملايين طن من خامات الرصاص تستخرج من استراليا والاتحاد السوفيتى والولايات المتحدة الامريكية والمكسيك وكندا ومن الدول العربية المغرب والجزائر وتونس (حزام جبال أطلس) .

أما الزنك فيزيد انتاج العالم السنوى له (سفاليزيت) عن ثلاثة ملايين طن قليلا والدول المنتجة له هي نفس الدول المنتجة للرصاص التى ذكرنا آنفا .

التصدير : ترجع أهمية التصدير في الوقت الحاضر الى استخداماته في صناعة البرونز وسبائك التصدير المختلفة ومنها ما هو قابل للصهر بعد الاستعمال الأول ليستخدم مرة أخرى ومواد اللحام والطلاء الكهرلي في صناعة المصفيح الذى يستخدم في صناعة حاويات المأكولات والمشروبات المحفوظة .

يعتبر الكاستريت أهم معادن خامات القصدير ، ويأتى نصف انتاج العالم (٧٥ ألف طن) من ملاييزيا واندونيسيا ، بينما يأتى معظم الباقي من بوليفيا والصين واثيوبيا ونيجيريا .

الالومنيوم : منذ خمسة وثمانين عاما لم يكن يعرف الإنسان طريقة تجارية لانتاج الالومنيوم بالرغم من أن الفلز أكثر انتشارا في الطبيعة من الحديد ، ولكن الحديد سبق الالومنيوم في الانتاج التجارى بمئات السفين . يرجع السبب الرئيسى في ذلك الى أن النعم يمكنه أن يأخذ الأكسجين من أكسيد الحديد بينما

لا يمكنه ان يفعل ذلك بالنسبة لأكسيد الألمنيوم . فقط في أواخر القرن التاسع عشر تمكن العلماء من استخلاص الألمنيوم من خام الألمنيوم بعد صهره مع الكريوليت (مادة مصهرة) في فرن خاص وتطيل الصهيرة لتطيل كهربائيا . ويحتاج انتاج طن من الألمنيوم الى طاقة كهربائية مقدارها ٢٥ ألف كيلو وات / ساعة أو ما يعادل ٢٠ طنا من الفحم (٢٠ ضعف بالنسبة للحديد) . لهذا نجد ان مصانع انتاج الألمنيوم تشيد حيث مصادر الطاقة الكهربائية رخيصة (بالقرب من مساقط المياه الطبيعية أو الصناعية ومحطات توليد الكهرباء التوربينية التي تعمل بغازات حقول البترول) .

يجد الألمنيوم في الوقت الحاضر استخدامات كثيرة تعزى الى انخفاض وزنه النوعي (٢٧ - فلز خفيف) ، قوته الميكانيكية العالية ، مقاومته للتأكسد ، وتوصيله الجيد للكهرباء . لذلك يستخدم في صناعة الطائرات والسيارات والهندسة الكهربائية (خطوط نقل القوى الكهربائية) ، الغضبان الحديدية ، الانشاءات الميكانيكية وغيرها . وتصل سبائك الألمنيوم الى قوة السلب بينما تزن فقط ثلث وزنه ويحصل العالم على الألمنيوم من خاماته المختلفة وأهمها البوكسيت وتقدر الانتاج العالمي السنوي منها ما يقرب من ثلاثين مليون طن تأتي من دول عديدة .

الزئبق : تنوع استخدامات الزئبق الألف في عددها . يستخدم الزئبق في استخلاص الذهب بطريقة المغم في عمليات المناجم ، في المفرعات ، استخلاص الفلزات غير الحديدية من خاماتها الفقيرة بطريقة المعالجة الفلزية المائية ، كعازل محفز ، في الهندسة الكهربائية وفي العديد من أجهزة القياس والتحكم الدقيقة ، في مصابيح الكوارتز ، بكتشات التيار ، مضخات التفريغ والمركبات الكيميائية المستخدمة في الأدوية والكيماويات وكثير غيرها . ويستخدم ثلث الانتاج العالمي على هيئة فلز الزئبق .

يعتبر السنبار أهم معادن الزئبق . ويحصل العالم على الزئبق (١٦ ألف رطل سنويا أو ما يعادل ثمانية ألاف طن تصير تقريبا) من إيطاليا وإسبانيا (نصف الانتاج) والولايات المتحدة الأمريكية ويوغسلافيا والمكسيك واليابان والصين . ييساع الزئبق في قوارير من الحديد المطاوع سعة الواحدة ٧٦ رطلا .

الانتيمون : يستخدم الانتيمون بصفة أساسية في اكساب مختلف سبائك الرصاص صلادة لها . هذا بالإضافة الى استخدام الانتيمون في صناعة الثقاب وفلكنة المطاط وصناعة البويات والأبوية وخلافها . يأتي الانتيمون من معدن ستينيت حيث يبلغ انتاج العالم من الخام ما يقرب من ٥٥ ألف طن سنويا ،

يأتى معظمها من الصين وجسوب افريقيا والاتحاد السوفيتى ويولينيا والمكسيك ويوغسلافيا .

صناعة الفلزات الثمينة :

الذهب والفضة والبلاتين :

يستخدم الجزء الأكبر من الذهب كاحتياطي الذهب للعملات الورقية المتداولة في دول العالم ، ويأخذ هذا الاحتياطي شكل العملات الذهبية وسبائك الذهب والتي تحتفظها الحكومات المعنية في خزائن تحت حراسة مكثفة . ويبلغ الذهب المخزون لهذا الغرض حوالي ثلاثين ألف طن ، بينما يتراوح الذهب المتداول في المصنوعات والمجوهرات ما بين ١٥ ، ٢٥ ألف طن . ويكتسب الذهب المستخدم في الحلى صلابة أعلى يخلطه بالنحاس والفضة والبلاديوم أو النيكل .

وللذهب عيار ينفردي به وهو ٢٤ ، ٢١ ، ١٨ ، ١٢ تيراط عندما يكون نقياً أو به ٢ أو ٦ أو ١٢ جزءاً من فلز آخر على الترتيب ويستخرج الذهب من خام الذهب الذى هو عبارة عن معدن الذهب الفطرى النبت في عروق المسرو الحاملة له أو غيرها من الصخور .

تنتج كثير من الدول الذهب ولكن يعتبر جنوب افريقيا (حوالى ١٩ مليون أوقية) والاتحاد السوفيتى (١٢ مليون أوقية) وكندا (خمسة مليون أوقية) أكبر ثلاثة دول منتجة للذهب في العالم .

كانت الفضة حتى عام ١٩٤٠ تستخدم في صناعة العملة الفضية (ثلثا الإنتاج العالم) . ودائماً تخط الفضة بالنحاس لتكتسب السبكة صلابة وقوة تحمل . ومعيار الفضة في إنجلترا في المصنوعات الفضية هو ٩٢٥ جزء فضة ، ٧٥ جزء نحاس . وفي الوقت الحاضر تعتبر صناعة اقصور كبر مستهلك للفضة المنتجة عالمياً . كما تستخدم الفضة في إنتاج بطاريات الفضة والزنك التى تستخدم كمصادر رئيسية للتوى في نظم التحكم في الابتكار الصناعية وغيرها من سفن الفضاء .

وأهم معادن خام الفضة هو الارجنيت ، ولو أن نصفه انتاج العالم من الفضة يأتى كمنتج جاتى من معادن الرصاص والزنك والنحاس . يبلغ انتاج العالم السنوى من الفضة ما يقرب من ٢٠٠ مليون أوقية ثانى من دول كثيرة أهمها المكسيك ، والولايات المتحدة الأمريكية وكندا والاتحاد السوفيتى وبيرو واستراليا واليابان وبولينيا والمغرب .

يستخدم البلاتين في صناعة الحلى واغراض الاسنان والمسبائك الكهربائية والصناعات الكيماوية . وتتناثر كل فلزات مجموعة البلاتين بقطرها (يعتبر البلاتين والارينيوم والازينيوم اثنى ثلاثة فلزات معروفة : ٢١٥ ، ٢٢٤ ، ٢٢٥ ، ٢٢٦ على التوالي) وعدم تأثرها بالاحماض ودرجات الانصهار العالية ومتاومتها العالية للحرارة والتأكد . نحصل على البلاتين من المعدن النطري ومن معدن سبيريليت ويبلغ انتاج العالم سنويا من البلاتين حوالي مليون ونصف المليون اوقية يأتي معظمها من جنوب افريقيا وكندا والاتحاد السوفيتي .

صناعة الفلزات النادرة :

الزرقونيوم : يعتبر الزرقونيوم من احسن الفلزات المستخدمة في صناعة ارضى انواع الصلب والذروع والآلات السريعة والمحركات النفاثة والمصليح الكهربائية وكثير غيرها .

يحصل العالم على الزرقونيوم باستخلاصه من معدن الزرقون الذي يوجد بوفرة في الرمال السوداء بخليج بيرون باستراليا . كما يوجد في رواسب متشابهة في الولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل وجنوب افريقيا والهند .

التنتالوم والنيوبيوم :

يوجد هذا الفلزات معا في الطبيعة في معدني متسلسلة الكولومبيست - التنتاليت . يستخدم الفلزان في اغراض شتى مثل صناعة الانواع الرقيقة من الصلب والسبائك غير الحديدية والاطلب الكهربائية في مصابيح التريغ وفي صناعة « ريش » التوربينات والصواريخ والاجهزة الكيماوية (التي لا تتأثر بالمواد الكيماوية) . وتمثل صناعة كريد التنتالوم وكريد النيوبيوم الى مثل صناعة الألماس . يستعمل فلز التنتالوم في الاغراض الجراحية لاصلاح بعض الاجزاء العظمية في الانسان .

يستخرج هذا الفلزان من معادن الخام - الموجودة في زائير ونيجيريا والبرازيل والنرويج . ويتقرب الانتاج العالمي من ٦٠٠٠ طن سنويا .

صناعة الفلزات المشبعة :

حتى الحرب العالمية الثانية لم يكن يستخرج اليورانيوم الا من تلة مسن رواسب الخام التي كانت معروفة حتى ذلك الوقت ، ولم يكن يتمدى الانتاج العالمي السنوي ٢٠٠ طن ، وكان هذا اليورانيوم يستخدم في اعداد العالم بفلز الاديوم الذي لم يكن يحتاج الا الى ١٠٠ جم منه (تكفي ٥٠ طن

من اكسيد اليورانيوم تقريبا) . وما أن تم اكتشاف خاصية الانتشار النووي عام ١٩٣٩ (انفجار ذرات اليورانيوم) حتى كان ذلك إيذانا بإمكانية إطلاق « بارد » الطاقة الذرية من عقلة ، وتستخدم الطاقة الذرية الآن في الأغراض الحربية المدمرة وفي الأغراض المدنية ولو أنه في كلتا الحالتين تبقى مشكلة التخلص من النفايات الذرية المشعة والمؤتلفة البيئة للإنسان .

يحصل العالم على اليورانيوم من مملكتين كثيرتي حيلة للفلز أحدهما اكسيد اليورانيوم المعروف باسم يورانينيت ويتشيلند . يزيد احتياطي خام اليورانيوم في العالم على ألف بليون طن موزعة في كندا والولايات المتحدة الأمريكية و زائير وجنوب إفريقيا وبعض البلدان الأخرى .

يستخدم الثوريوم كمصدر للطاقة النووية أيضا . كما يستخدم كمحفز في تكرير النفط وفي صناعة فتائل المصابيح الكهربائية وفي عديد من السبائك . ويعتبر المونازيت أهم مصدر للثوريوم حيث يستخرج الخام سنويا ما يقرب من خمسين ألف طن من الخام . يأتي أكثر من نصفها من الولايات المتحدة الأمريكية بينما ينتج النصف الآخر جنوب إفريقيا والبرازيل والهند .

٢ - صناعة أشباه الموصلات

انتشرت أجهزة الاستقبال (الراديو) التي استقبلت فيها المصابيح الكهربائية التقليدية (الحرارية الأيونية) بما يعرف باسم الترانزستور كما انتشرت الآلات الحاسبة الإلكترونية (كوميبيوتر) وامتد استخدامها من عمليات الحساب العادية إلى العمليات المعقدة التي تتحكم في توجيه الأتار الصناعية وتزول رجال الفضاء على القمر . يرجع الفضل في ذلك كله إلى عنصرين من عناصر الأرض أحدهما السليكون والآخر الجرمانيوم ، الأول من الفلزات الشائعة أو قل أنه أكثرها شيوعا في تركيب مادة الأرض ، أما الآخر (الجرمانيوم) فهو قليل الانتشار أو قل نادر الانتشار . أن هذين العنصرين يتميزان بميزة طبيعية تعرف بخاصية شبه التوصيل للتيار الكهربائي . أن الفلزات المعروفة من نحاس والونيموم وغيرها هي موصلات لأنها توصل التيار . عند درجات الحرارة العادية فإذا سخن النحاس أو الألمنيوم فإن توصيله للكهرباء يقل . أما أشباه الموصلات فلها لا توصل التيار الكهربائي عند درجات الحرارة العادية فإذا سخنت فاتها تصبح جيدة التوصيل للكهرباء . من السليكون والجرمانيوم بعد معالجتهما بورا (بلورات) وكيميائيا (حقتها بالفنسنور والالونيموم وغيرها) تصنع أجهزة البطروبية متعددة نذلك منها :

- ١ — الترانزستور المستخدم في أجهزة الراديو والاستقبال والتحكم .
- ٢ — عاكسات التيار لامتداد القاطرات الكهربائية « والاوتاش » والطلاء بالكهرباء وشحن البطاريات بالتيار الكهربائي المستمر (دى . سى) .
- ٣ — الآلات الحاسبة الإلكترونية .
- ٤ — الثيرمستور المستخدم في أجهزة القياس الدقيق لدرجات الحرارة .
- ٥ — أغراض التبريد والتجيد .
- ٦ — أجهزة الكشف عن الأشعة دون الحمراء والطلقة الحرارية المتولدة عنها .
- ٧ — الخلايا الضوئية لقياس الكهيات الضئيلة من الضوء والكشف عنها .
- ٨ — أضواء الفلورسنت وشاشات التلفزيون والتصوير .
- ٩ — صناعات الليزر والضوء المكثف .

٢ — صناعة الخزف

تستخدم صناعة الخزف كثيراً من المسادن الشائعة والصخور وتتنوع المنتجات من الخزف الى الصينى الى الفخار وغيرها من المنتجات الخزفية . تحتاج هذه الصناعة الى الطين (الصلصال) والفلسبار والكوارتز . اما الطين فموجود انواعه هو الكاولين الذى يتكون من معدن الكاولينيت بمصفى اساسية . والطينات صنفات تتوقف على الشوائب الموجودة بها والتي تؤثر على نوع الخزف والفخار المطلوب ، فتمد تكون الطينة لينة اذا كثر بها السليكا الغروية ، بينما يؤدي وجود اكاسيد الحديد والفلسبار الى خفض درجة الاتصهار للطينة والى تلون الطينة اذا كثر بها الحديد . وفي الطينة البيضاء يجنب الا تزيد نسبة الحديد عن واحد بالمائة . وبينما تساعد اكاسيد الجيرو المنسجم والفلويات على تخفيض درجة الاتصهار الا انها تضر بمجينة الخزف حيث تسبب تكوين ما يشبه الكرات من الجير الحى فيها .

وبالإضافة الى الفلسبار والكاولين التى تنتجها كثير من الدول فلن هناك انواعاً خاصة من الخزف يدخل في صناعتها معادن البوكسيت والسيلينيات واليوراكس والمجنيزيت والفلوريت والباريت والزرقون وغيرها .

٤ — صناعة مواد المسنفرة

تتميز المعادن المستخدمة في أغراض المسنفرة بصلادة عالية ولو اتسعت في السنوات الأخيرة تم تصنيع كثير من المواد الكيميائية عالية الصلادة الا ان الألماس هو أصلد المواد والمعالين المعروفة وأعلى مواد المسنفرة درجة .

يعتبر الألماس والكورانديوم وخليط الكورانديوم والمجفيتايت الطبيعي المعروف باسم اميرى والجارنت افضل مواد الصنفرة نوعاً ودرجته . بينما تستخدم فضور الحجر الرملى والجريت والحجر الخفاف والمخر الدياقوى (تريبوليت) على نطاق واسع كمواد صنفرة .

وتستخدم معادن وفضور الصنفرة على طبيعتها او بعد تشكيلها على هيئة احجار الصنفرة او مطحونة على هيئة مسحوق او فى احجام مختلفة .

وقد امكن تصنيع مركبات كيميائية مثل كريسيد البورون وكريد السليكون وهو ذو صلادة عالية وكذلك الكورانديوم الصناعى .

وتعتبر صناعة السيارات اكبر مستهلك ل مواد الصنفرة يليها صناعة الطائرات وكثير من الصناعات الفلزية من اجل الصقل والتشطيب .

ينتج العالم ما يقرب من خمسين الف طن من معادن الصنفرة بينما ينتج مائة وخمسين الف طن من مواد الصنفرة الصناعية ، هذا بالإضافة الى ما يقرب من سبعة ملايين طن من الحجر الخفاف .

٥ - صناعة الاحجار الكريمة

تستخدم المعادن فى صناعة الاحجار الكريمة اذا توافرت فيها صفات خمس .

١ - الجمال والرويق ، ٢ - التحمل (عدم التآكل) ، ٣ - النعرة ،
٤ - الخوق ، ٥ - سهولة الحمل .

وقد دخل سوق الاحجار الكريمة الطبيعية احجار صناعية او تشكيل للاحجار الكريمة الطبيعية بطرق صناعية لامتلاكها خواص غير خواصها الاصلية .

الاحجار الكريمة الطبيعية : الألماس والزمرد والياقوت والفسير والابال اللذين وهذه كلها احجار غالية الثمن وهناك الاحجار الكريمة نصف الثمينة ومن امثلتها التوباز والفيروز والزيبرجد والزرقون واليشم (جيد) والعقيق (جارنت) والايست وسبينيل وضوبديومين (الوردى والاخضر) والتورمالين واللابيرز لازولى وحجر التبر وحجر الشمس وحجر الامازون (هذه الثلاثة الاخيرة انواع من معادن الفلسبار) .

٦ - صناعة مواد البناء

تستخدم كثير من المواد المعدنية في صناعة مواد البناء . فبالإضافة إلى الصلب والحديد المستخدم في المباني هناك الاسمنت والخرسانة والطوب والوطة والمجائن المختلفة والزجاج والأسلاك وكثير غيرها كلها تحصل عليها من مواد معدنية ، سواء اكتتبت معادن أو مخزور مشكلة أو مجهزة . يستخدم الزلط والرمل والجبس والجير ومعادن الأصباغ والألوان والطين والمنتجات الطينية ومعادن عزل الصوت والحرارة بالإضافة إلى معادن الفلزات المستخدمة في صناعة الفلزات والتي سبق الحديث عنها . ولكل من المعادن والمخسور المستخدمة في صناعة مواد البناء مواصفات خاصة لا بد من تحقيقها في المواد المنتجة .

٧ - صناعة الصراير

الحراريات مواد معدنية تتحمل درجات الحرارة العالية دون أن يتأثرها تغير بالانصهار إذ بالتشقق أو غير ذلك ، ولذلك تستخدم في تبطين أفران مسير الفلزات فيها يعرف باسم الطوب الحراري ، كما تستخدم في تبطين الغلايات . وكثير من المواد الحرارية تتحمل درجات حرارة تتراوح بين ١٤٩٠ ، ١٦٤٨ درجة مئوية . وهناك أنواع من المعادن الحرارية (مجموعة معادن سليكيت تتحرق ليصنع منها الخزف الحراري المستخدم في صناعة شموع الاحتراق والبواقي الكهربائية ويوانق المختبرات .

تستخدم معادن الزرقون والكروبيت والدولوميت والماجنزيت والبيكا والطين في صناعة منتجات حرارية . كذلك تستخدم معادن الجرانيت والروتيسل والأوليفين والفلك والبيرميكلوليت وأكاسيد والفوريوم

٨ - صناعة الكيماويات

تدخل كثير من المعادن غير الفلزية في صناعة المواد الكيماوية . ومن نبذة هذه المعادن : الملح والمحاليل الإجابيسية ، البوراكس ، معادن كربونات الصوديوم (الطرونسا والبطيسرون) ، والكسريت ، معادن الاسترنشيوم والليثيوم والبرومين واليوتاسيوم وكثير غيرها من المعادن التي التي تعتبر مصدرا لكثير من المركبات الكيماوية .

كما أن هناك بعض المعادن مثل النتر يستخدم في التسميد بينما تعالج مخزور الفوسفات كيماويا لتحويلها إلى السوبر فوسفات القابل للذوبان في الماء والمستخدم في عملية التسميد لإمداد التربة بتركبات الفوسفور .

وعلى الرغم من ازدياد الاهمية بالنسبة للنفترات المصنعة فان مصدر النفتر
الصودى الذى يوجد فى شيلى يكبات كبيرة (نفترات الصودا الشيلى)
لايزال يمد العالم بجزء كبير من الانتاج العالمى للنفترات . ويستخدم النفترات
اساسا فى صناعة المخصبات النيتروجينية ويكبات اقل فى تصنيع المفرغات ،
وحض النيتريك ، وغيره من الكيماويات . ومن النفترات الشيلى يستخرج ١٠٠
طن من اليسود ، حوالى ٩٠ بالمائة من الانتاج العالمى ، كمنتج اضافى .
ويستخدم اليسود فى صناعة المواد المطهرة ، وفى كثير من الكيماويات ، وكجادة
حساسية فى صناعة الانلام والالواح الفوتوغرافية ، وفى الصباغة وديباغة الجلود ،
وحفظ الطعام .

الجزء الثالث
جداول التعرف على المعادن

جدول (١)

المصادر من نسبة تبعاً لزيادة المصلادة

المصلادة	الاسم	المصلادة	الاسم	المصلادة	الاسم
١	تشنه	٢٥٠٢	كلوريت	٢٥٠٣	أشيد ريد
١	كارزونيت	٢٥٠٢	مسكوت	٢٥٠٣	باريت
١	هيدراتيت ترايب	٢٥٠٢	خاليت	٢٥٠٣	سلسيت
١٥٠١	موليد ينيت	٢٥٠٢	بوليانيت	٢٥٠٣	سهرسيت
١٥٠١	غيريكوليت	٢٥٠٢	سيرارجريريت	٢٥٠٣	هيدريد
٢٥٠٢	جرافيت	٢٥٠٢	كيريكولا	٢٥٠٣	أراجونيت
٢٥٠١	كاولينيت	٢٥٠٢	جالينا	٢٥٠٣	زدرت
٢٥٠١	بيريفيليت	٢٥٠٢	كالكانيت	٢٥٠٣	الونيت
٢٥٠١	بيريلوسيت	٢٥٠٢	كيريت	٢٥٠٣	بنتلانديت
٢٥٠١	بروكيت	٢٥٠٢	كبوليت	٢٥٠٣	بيرودونيت
٢٥٠١	إيرثريت	٢٥٠٢	بورونيت	٢٥٠٣	دولوميت
٢٥٠١	أورثيت	٢٥٠٢	يولانجيريت	٢٥٠٣	سفرينشيانيت
٢٥٠١	فيليانيت	٢٥٠٢	بوليهاليت	٢٥٠٣	ستبيت
٢٥٠١	كونيليت	٢٥٠٢	جلوبيريت	٢٥٠٣	سفاليريت
٢٥٠١	نترصدى	٢٥٠٢	كالكوسيت	٢٥٠٣	كالكوسيت
٢٥٠١	كيريت	٢٥٠٢	كوكيت	٢٥٠٣	كيريت
٢	جيس	٢٥٠٢	كيريكول	٢٥٠٣	مانجانيت
٢	ميزنيت	٢٥٠٢	نحاس	٢٥٠٣	ملاكيت
٢	نتر	٢٥٠٢	ليبيدوليت	٢٥٠٣	وايفيليت
٢٥٠٢	إيسويت	٢	كاليت	٢٥٠٣	ريد وكروزيت
٢٥٠٢	أرجنتيت	٢	أنجلينيت	٢٥٠٣	مارجريريت
٢٥٠٢	أونونيت	٢	إيتارجريريت	٢٥٠٣	ماجنزيت
٢٥٠٢	بروسيت	٢	بوريت	٢	نلوريت
٢٥٠٢	يوراكس	٢	شونا	٢٥٠٣	زنكيت
٢٥٠٢	تورينيت	٢	جاريزيت	٢٥٠٣	كولاسيت
٢٥٠٢	سبوليت	٢	فساديت	٢٥٠٣	كايانيت
٢٥٠٢	سنيار	٢	ولميت	٢٥٠٣	ابوميليت
٢٥٠٢	سيلفيت	٢٥٠٢	أشيد	٢٥٠٣	بكتوليت

تابع جدول (۱)
المعادن مرتبة تبعا لازدياد الصلادة

الصلادة	الاسم	الصلادة	الاسم	الصلادة	الاسم
٥-٤	شيليت	٥	وليميت	٦-٧	كلوريتويد
٥-٤	مجموعونيت	٥	يورانييت	٦-٧	كياتيت
٥-٤	ولانتونيت	٦-٥	أرسينوبيريت	٦	ايدوكريت
٥	أباتيت	٦-٥	اليميت	٧-٦	أكسينيت
٥	توريت	٦-٥	موداليت	٧-٦	اندولوسيت
٥	سپيسونيت	٥-٦	بودونيت	٧-٦	أوليفين
٥-٥	جونيت	٦	أرتوكليز	٧-٥	جارتيت
٥-٥	داتوليت	٦	ألبيت	٧	كوارتز
٥-٥	مونتانيت	٦	أميلجيت	٧	ديموريت
٥-٥	هوسمانيت	٦	توركلز	٧-٥	تورمالين
٥-٥	ولفراميت	٦	لرانكلينيت	٧-٥	سغوليت
٥-٥	لازوريت	٦	كولومبيت	٧-٥	كورديريت
٥-٥	لازوليت	٦	ميكروكلين	٧	لذكرن
٥-٥	سفين	٦	هيريت	٥-٧	بيريل
٦-٥	أكتينوليت	٦-٥	بتاليت	٥-٧	فينايت
٦-٥	أنتوفيلليت	٦-٥	بريبريت	٨	تيزاز
٦-٥	انستاتيت	٦-٥	بريت	٨	سيزل
٦-٥	أوبال	٦-٥	جلوكوفين	٨	لاسونيت
٦-٥	أوجيت	٦-٥	روثيل	٨	كروكوسيت
٦-٥	تريموليت	٦-٥	زويسيت	٩	كورانديوم
٦-٥	ديوسيد	٦-٥	كلينزويسيت	١٠	ألماس
٦-٥	سكاپوليت	٦-٥	كوندرويت		
٦-٥	كانكرزيت	٦-٥	مركزيت		
٦-٥	نيميلين	٧-٦	أبيدوت		
٦-٥	هورنبلند	٧-٦	دياسپور		
٦-٥	هيرشين	٧-٦	سپودومين		
٦-٥	هيدربيريت	٧-٦	سليمانيت		
٥	كروميت	٧-٦	كاسيتريت		

جدول (٢)
المعادن مرتبة تبعا لزيادة الوزن النوعي

الوزن النوعي	الاسم	الوزن النوعي	الاسم	الوزن النوعي	الاسم
١٦	كارثايت	٢٣٠	مرداليت	٢٦٠-٢٧٠	توركلز
١٧	بيروكس	٢٣١	جرايت	٢٧١	لابرادوريت
١٧٥	ايمونيت	٢٣٢	جيس	٢٦٥-٢٧٤	سكايليت
١٩٥	كيريت	٢٣٣	وانيليت	٢٧٢	كالميت
١٩٩	سيليكت	٢٣٤-٢٣٥	أبوتليت	٢٦١-٢٦٢	كلوريت
٢٠٠-٢٠٩	بيوكيت	٢٣٩	بيوسيت	٢٦٢-٢٧٧	يلاجيوليت
٢٠٥-٢١٠	كيرزوكولا	٢٤٠-٢٥٥	بيوكيت	٢٦١-٢٦٢	كولوفين
٢١٠-٢١٥	سيليوليت	٢٤١-٢٤٢	سرينين	٢٧٤	بايتونيت
٢١٥-٢٢٠	كبريت	٢٤٢	كولمانيت	٢٧٧-٢٨٠	بيكوليت
٢٢٠-٢٢٥	كالكازيت	٢٤٢	بثاليت	٢٨٠-٢٨١	تلك
٢٢٥-٢٣٠	أمال	٢٤٣-٢٤٤	لازوليت	٢٨٠-٢٨١	جلوبيريت
٢٣٠-٢٣٥	غمر	٢٤٥-٢٥٠	لوسيت	٢٨١-٢٨٢	بيوبل
٢٣٥-٢٤٠	ستليت	٢٤٦-٢٤٧	جارجونيت	٢٨٢-٢٨٣	بوليباليت
٢٤٠-٢٤٥	ماليت	٢٤٨-٢٤٩	ميكوليت	٢٨٣-٢٨٤	كولوفين
٢٤٥-٢٥٠	كالكازيت	٢٥٠	أرتوكليز	٢٨٤-٢٨٥	بيوفيليت
٢٥٠-٢٥٥	هولنديت	٢٥١-٢٥٢	نيغليين	٢٨٥-٢٨٦	ولاستونيت
٢٥٥-٢٦٠	كالكازيت	٢٥٣-٢٥٤	كاوليت	٢٨٦	دولوميت
٢٦٠-٢٦٥	كيرزوكولا	٢٥٥-٢٥٦	ألبين	٢٨٦-٢٨٧	فلوجونيت
٢٦٥-٢٧٠	سرينين	٢٥٧-٢٥٨	كوبيريت	٢٨٧-٢٨٨	مكوفيت
٢٧٠-٢٧٥	نطوليت	٢٥٨-٢٥٩	فيلمانيت	٢٨٨-٢٨٩	بريكنيت
٢٧٥-٢٨٠	شيديت	٢٦٠	أوليوجونيت	٢٨٩-٢٩٠	داوليت
٢٨٠-٢٨٥	أماليت	٢٦١	كوارتز	٢٩٠-٢٩١	ليبدوليت
٢٨٥-٢٩٠	لترمودي	٢٦٢	أنديسين	٢٩١-٢٩٢	أشيديت
٢٩٠-٢٩٥	كيريت	٢٦٣-٢٦٤	أوليت	٢٩٢-٢٩٣	أرجونيت
٢٩٥-٣٠٠	كيريت	٢٦٤-٢٦٥	أوليت	٢٩٣-٢٩٤	أرجونيت

تابع جدول (٢)
المعادن مرتبة تبعا لزيادة الوزن النوعي

الوزن النوعي	الاسم	الوزن النوعي	الاسم	الوزن النوعي	الاسم
٢٨٢-٢٨٢	بيوتيت	٢٧-٢٧٣	أوليفين	٢٧	سترونشيانيت
٢٩٥-٢٩٥	كيزوليت	٢٥-٢٥٣	اتانتيت	٢٦٥-٢٦٥	كيزوليت
٢٩٧-٢٩٧	فيثاسيت	٢٤-٢٤٩		٢٧٥-٢٧٥	اتانتيت
٣٠٠-٣٠٠				٢٧٧	أزوريت
٣٠١-٣٠١					
٣٠١-٣٠١	أنتونيليت	٢٧-٢٧٢	أوليفين	٢٨٨-٢٨٨	
٣٠٢-٣٠٢	ألميلجونييت	٢٣-٢٣٥	جديت	٢٧٧-٢٧٧	بسميلوانيت
٣٠٣-٣٠٣	لازوليت	٢٥-٢٥٤	دياسبور	٢٧٠-٢٧٠	سيفيل
٣٠٣-٣٠٣	ملجنيزيت	٢٥-٢٥٤	أيدوكريت	٢٧٠-٢٧٠	لومينيت
٣٠٣-٣٠٣	مارجريت	٢٤-٢٤٥	هيموريت	٢٨٨-٢٨٨	سيدريت
٣٠٣-٣٠٣	تورمالين	٢٥-٢٥٤	أرثيد ميتيت	٢٨٨-٢٨٨	ألانيت
٣٠٣-٣٠٣	تينموليت	٢٤-٢٤٥	أيجريت	٢٨٨-٢٨٨	جارت
٣٠٣-٣٠٣	لاوسيت	٢٤-٢٤٥	سفين	٢٩٠	أنطونيت
٣٠٣-٣٠٣	أوتونيت	٢٤-٢٤٥	ريالجار	٢٩٠-٢٩٠	ملاكت
٣٠٣-٣٠٣	كوند رديت	٢٤-٢٤٥	أوريفيت	٢٩٠-٢٩٠	سليمت
٣٠٣-٣٠٣	أباتيت	٢٤-٢٤٥	توباز	٢٩٠-٢٩٠	
٣٠٣-٣٠٣	سبديومين	٢٥	ألماس	٢٩٠-٢٩٠	
٣٠٣-٣٠٣	أندلوسيت	٢٥-٢٥٤	زودوكريت	٢٩٠-٢٩٠	كالكوسيت
٣٠٣-٣٠٣	فلوريت	٢٥-٢٥٤	جارت	٢٩٠-٢٩٠	بسميلوانيت
٣٠٣-٣٠٣				٢٩٠-٢٩٠	زئبق
٣٠٣-٣٠٣				٢٩٠-٢٩٠	مانجانيت
٣٠٣-٣٠٣	هوريلند	٢٧-٢٧٢	أوليفين	٢٩٠-٢٩٠	زئبق
٣٠٣-٣٠٣	سيلينيت	٢٥-٢٥٤	ألانيت	٢٩٠-٢٩٠	جريت
٣٠٣-٣٠٣	ديوسيد	٢٥-٢٥٤	جارت	٢٩٠-٢٩٠	سليمت
٣٠٣-٣٠٣	أوجيت	٢٥-٢٥٤	سيفيل	٢٩٠-٢٩٠	
٣٠٣-٣٠٣	كلينوكريت	٢٥-٢٥٤	كياتيت	٢٩٠-٢٩٠	
٣٠٣-٣٠٣	ديوسيد	٢٥-٢٥٤	زودوكريت	٢٩٠-٢٩٠	ايتاجيت
٣٠٣-٣٠٣	أكسيت	٢٥-٢٥٤	سترونيت	٢٩٠	جارت

الاسم	الوزن النوعي	الاسم	الوزن النوعي	الاسم	الوزن النوعي
سيريست	٦٥٥		٥٩-٥٤	سبثيت	٤٦٢-٤٦٢
بروكسينيت	٦٧٨				٤٧٩-٤٧٩
بيروريت	٧١٥-٧١٥	مليريت	٥٥		
ولفانيت	٦٨	سبراجيريت	٥٥	بسموليت	٤٧٢-٤٧٢
فنادينيت	٧١٥-٧١٥	بروسيت	٥٥٥	كروميت	٤٦٢
كاسيتريت	٧١٥-٧١٥		٥٩-٥٤	بيروكسيت	٤٥٨-٤٥٨
	٧٤٩-٧٤٩			المنيت	٤٧٢
	٧٤٩-٧٤٩	كالكوسيت	٥٥-٥٥	بيروكسيت	٤٧٥
مهييت	٧٢٥-٧٢٥	زنكيت	٥٩٨	كولميت	٤٧٦-٤٧٦
ولفرانيت	٧٥٥-٧٥٥	جيسونيت	٦٥٥-٦٥٥	موليدينيت	٤٧٢-٤٧٢
أرغونيت	٧٢٣	كوليبيت	٧٢٣-٧٢٣	لركون	٤٦٨
	٧٤٩-٧٤٩		٥٩-٥٤		٤٦٨-٤٦٨
جالينا	٧٢٥-٧٢٥	بورونيت	٥٩-٥٩	بنتلانديت	٤٦٨
الحديد	٧٢٥-٧٢٥	بيرارغونيت	٥٨٥	تتراهدريت	٤٦٨-٤٦٨
نيكوليت	٧٢٨		٦٤٩-٦٤٩	تانتيت	
	٨٠٠	كوكيت	٦٥٥-٦٥٥	مركيت	٤٨٩
سلفانيت	٨٢٥-٨٢٥	شليت	٦٥٥-٦٥٥	جونيوت	٤٩٦
سنيار	٨١٥	كرويت	٦٥		٥٩٥-٥٩٥
النحاس	٨١٩	أرسينوبيريت	٦٥٧	بيريت	٥٢٠-٥٢٠
بورانينيت	٩٧٥-٩٧٥	بوليانيت	٦٥٥-٦٥٥	مهييت	٥٢٥-٥٢٥
كالاثيريت	٩٢٥	ستينانيت	٦٥٥-٦٥٥	بوريت	٥٢٥-٥٢٥
بزموت	٩٨٨	أنجليزيت	٦٥٥-٦٥٥	فرانكلينيت	٥١٥
الفضة	٦٥٥	كوليبيت	٧٢٥-٧٢٥	مونازيت	٥٢٥-٥٢٥
الذهب	١٩٢٥-١٩٢٥	كيتانيت	٦٢٢	ماتجيت	٥١٨
البلاتين	١٩٥-١٩٥		٦٥٥-٦٥٥		٥٢٥-٥٢٥

مجموعة جداول رقم (٣)

للتعرف على المعادن

المواد المستعملة : ١ - لوحة مخدش لإختيار المخدش .

٢ - عدسة صغيرة لإختيار الانقسام ،

٣ - قطعه كالسيت (أو قرش أحمر) : صلادة ٣ ، سكين صغيرة

(مطوة) : صلادة ٥ ، قطعة زجاج (أو كوارتز) : صلادة ٧ ،
لاختيار الصلادة .

الرموز المستعملة في الجداول : الصلادة = ص . الوزن النوعي = و .

طريقه استعمال الجداول :

(١) إختيار بريق المعدن : فلوى أو لافلوى .

(٢) إذا كان البريق فلوى : عين الصلادة ، واستعمل جداول (١) ، (٢) ،

(٣) في قسم البريق فلوى .

(٣) إذا كان البريق لافلوى : عين المخدش ، فلما أن يكون ملونا ، جدول

(١) في قسم : البريق لافلوى ، أو عديم اللون ، جدول (١) في

قسم : البزيق لافلوى . في هذه الحالة إختيار الصلادة ، واستعمل

جداول ١ ، ب ، ج ، د ، هـ .

تصنيف الجداول

البريق فلوى

(١) الصلادة ، أقل من ٢ ½ (يترك أثرا على الورقة) ، صفحة ٤٣٩ .

(٢) الصلادة : بين ٢ ½ ، ٣ ½ (تخدش بنصل السكين ، ولا تترك أثرا

على الورق) ، صفحة ٤٤٠ .

(٣) الصلادة : أعلا من ٣ ½ (لا تخدش بنصل السكين) صفحة ٤٤٢ .

البريق : لافلزي

(١) المخدش ملون ، صفحة ٤٤٤ - ٤٤٦ .

(٢) المخدش عديم اللون :

(١) الصلاة : أقل من ٢ $\frac{1}{4}$ (تخدش بالظفر) صفحة ٤٤٧ - ٤٤٨ .

(ب) الصلاة : بين ٢ $\frac{1}{4}$ ، ٣ $\frac{1}{4}$ (لا تخدش بالظفر ولكن تخدش بقرش أحمر) .

١ - الانقسام ظاهر ، صفحة ٤٤٩ - ٤٥٠ .

٢ - الانقسام غير ظاهر ، صفحة ٤٥٠ - ٤٥١ .

(٣) الصلاة : بين ٣ $\frac{1}{4}$ ، ٥ $\frac{1}{4}$ (لا تخدش بالقرش الأحمر ولكن تخدش بالسكين) .

١ - الانقسام ظاهر ، صفحة ٤٥٢ - ٤٥٤ .

٢ - الانقسام غير ظاهر ، صفحة ٤٥٥ - ٤٥٦ .

(د) الصلاة : ٥ $\frac{1}{4}$ - ٧ (لا تخدش بالسكين ، ولكن تخدش بالكوارتز)

١ - الانقسام ظاهر ، صفحة ٤٥٧ - ٤٥٨ .

٢ - الانقسام غير ظاهر ، صفحة ٤٥٨ - ٤٥٩ .

(هـ) الصلاة : أعلى من ٧ (لا تخدش بالكوارتز) .

١ - الانقسام ظاهر ، صفحة ٤٦٠ .

٢ - الانقسام غير ظاهر ، صفحة ٤٦٠ - ٤٦١ .

البريق : نكري

(١) الصلادة أقل من $\frac{1}{2}$ (يترك أثرا على الورق)

المعدن	اللون	من	و	ملاحظات	الاسم، الصيغة
أسود	أسود	٢-١	٧ر٤	يوجد عادة في مجموعات بلورات الهاليتية شماعة أو بلورات حسادة الزوايا .	بيروكسيت MnO_2 الرياني
	أسود	١-٥ر٢	٣ر٢	إنقسام قائدي كامل (١٠٠٪) الطمرخمي	جرانيت المداسي
أسود أو أسود مائل للفضة	أسود	١-٥ر٢	٧ر٤	إنقسام قائدي كامل (١٠٠٪) يخف أسود مائل للفضة على الغزى الصقول (الجرانيت أسود)	موليديت MnO_2 المداسي
أسود ريادي	أسود	٥ر٢	٦ر٧	إنقسام بكمين كامل (١٠٠٪) البلورات ضخمة . كتل حبيبية - ثقيل .	جالينا PbS الكسب
	أسود	٢	٥ر٤	إنقسام مسطحي كامل (١٠٠٪) بلورات نمالية . تغليظ مستعمرات ينصهر في لهب للشعلة	سنتيت ZnS المصعبي القائم
احمر زاهي	احمر	٢-٥ر٢	١ر٨	إنقسام منتزعي كامل (٢٠٠٪) البريق الباسي ، عادة كتل حبيبية .	سنيار HgS الثلاثي
بنى احمر	احمر	١+	٥ر٢	ترايبس . الهيماتيت المتبلور أعلى صلادة .	هيماتيت Fe_2O_3 الثلاثي
أسود	أسود	٢-٥ر٢	٣ر٧	كتل أو ترايبس . قليل . قليل للتشعير . المسطح المكثفة سوداء .	أرجنتيت Ag_2S الكسب

البهق : نلزي

(تابع ١) الصلاة أقل من ٥ رء (يترك أدرا على الوق)

المعدش	اللون	م	و	ملاحظات	الاسم ، القبيلة
أسود	أزرق نيل	١٥-٢	١٦	عادة في كتل صفحية • إذا يل بالماله يصير أرجوانى اللسون .	كونيلوت Dns السداسى

البهق : نلزي

(٢) الصلاة < ٥ رء و > ٥ رء

(يمكن غدشه بشل المبراة أو المكنم)

المعدش	اللون	م	و	ملاحظات	الاسم ، القبيلة
أسود رءادى	أسود رءادى .	٢-٣ رء	١٧ الى ٥٠ رء	كتلى أو بلورات رءاميات الارجء • يمسح بمادة خضراء الفضة •	تراءيد رء Dns (Qr, Zr) المكعب
أسود رءادى	أسود •	٢-٢٥	١٧ رء	كتلى • قابل للتشهر بعمش الشر • يمسح بمساحن النحاس •	كالكوسيت Dns المعنى التام
أسود رءادى	أسود رءادى •	٢	١٨	إنشمار مشهور { ٠١١ } عادة في هيئة نعلية • يمسح بمساحن النحاس •	أيتا رءيت Dns المعنى التام
أسود رءادى	بيونزى رءادى الى أرجوانى •	٣	١٥ رء	كتلى • يمسح بمساحن النحاس مثل كالكوسيت وكالكوسيت •	بيونزيت Dns المكعب
أسود	بيونزى •	٤	١٦	الطخ الصغيرة متناطسية كتلى • يمسح عادة ببيونزيت وكالكوسيت •	بيونزيت Dns السداسى

البريق : ظلي

(تابع ٢) العادة < ذرأ و > ذره

الاسم، الصيغة	ملاحظات	و	س	اللون	الحدش
أكسيد NiFeS الرياح	كتلي • صاحب معادن النحاس	١ر١- ٢ر٢	٥ر٢-٣	أسود نحاسي	أسود
مانجانيك Mn(OH) العميق الغامق	كتل متبلورة إبرية شمعية • بلورات منشورية في حفر • صاحب عادة بيروكسيت •	٢ر٢	٤	أسود	أسود
كوبلت FeCoS الكعب	البريق مثل القار • كتل حبيبية موجودة في البهجة وثبت أو السنتين •	٢ر٢	٥ر٥	أسود أو أسود بني	بني داكن إلى أسود
ولفراميت (FeAs) _٢ البل الواحد	إنتظام جانبي {٠١٠} كامل • ثقيل •	٧ر٠ إلى ٧ر٥	٥ر٥	بني • أو أسود •	بني
بيروكسيت أكسيد باشي للتنجيز	كتل عقدية أو استلاكتية • صاحب عادة بيروكسيت	٢ر٧ إلى ٢ر٧	٣ر٥	أسود •	أسود
هيماتيت Fe _٢ O _٣ الظلي	عادة أسود من الكسبي • • كتلي • شمالي • متقودي • كروي • مكاني •	١ر١ إلى ٢ر٢	٥ر٥- ٦ر٥	بني داكن •	بني
كوبلت CoS الكعب	كتلي أو كسبيات • صاحب عادة ملاكيت وأزهرت والنحاس المتصري •	٦	٥ر٢-٣	بني لحمر أو أحمر داكن	بني لحمر أو أحمر
نحاس Cu الكعب	قابل للطرق • حبيبات نهر منتظمة أو مجتمعات بلورات متفرقة • ثقيل •	١ر٩	٢ر٢-٣	أحمر نحاسي على السطح الحدش	أحمر

(تابع ٢) - الملائدة < ١٥ و > ٥٥

الاسم، الصيغة	ملاحظات	و	ص	اللون	المعدن
فضة Ag المكعب	قابل للطرق • حبيبات غير منتظمة • أسلاك أو صفائح أو مجموعات بلورات متفرقة • ثقيل •	١٥٠	٢-١٥	أبيض فضي على سطح تغير معدي	أبيض فضي لامع •
ذهب Au المكعب	قابل للطرق • حبيبات غير منتظمة • أو أوراق • ثقيل جدا •	١٥٠ الى ١٩٢	٢-١٥	أصفر ذهبي •	أصفر ذهبي لامع •

(٢) الملائدة ٥٥ (لا يتعد شتمل السكن)

الاسم، الصيغة	ملاحظات	و	ص	اللون	المعدن
أرسينوبيت FeAsS الميل الواحد	عادة كتل • ثقيل •	٦٠ الى ٦٢	٥-١٥	أبيض فضي •	أصفر
نيكوليت NiAs السداسي	عادة كتل • قد يكون مغطى بطبقة خضراء • (تحتوي على التشاكل) • ثقيل •	٧٥	٥-١٥	أبيض حائل للأحمر	
بيريت FeS ₂ المكعب	أشكال بلورية اثنا عشر وجها مزدوجا (بيريتويدون) • كتل حبيبية • كبريتيد شائع •	٥٠	١-٥	أصفر نحاسي باهت •	
مركيزيت FeS ₂ المعيني القائم	مجموعات بلورات الألياف شعاعية •	٦١	١-٥	أصفر باهت أو أبيض تقرحيا •	

البريق : نلزي

(تابع ٢) - الصلاة < هره (لا يخدم شغل المكين)

المعدن	اللون	ص	و	ملاحظات	الاسم والصفة
أسود	أسود	٦	٥١٨	مغنطيسي قوي • انبلورات ثمانية الوجة •	مجنبتت Fe_3O_4 المكعب
بنى داكن أو أسود	أسود	٦	٤٧	قد يكون مغنطيسيا ضعيفا • كتل حبيبية • بلورات مسطحة • ريال • يحاطب مجنبتت •	إلميت $FeTiO_3$ الثلثي
		٦	٣٧ إلى ٤٧	كتل متشعبة استلاكنية • عقودية • صلادته أعلى من معدن المنجنيز المعالجة له •	بيسولومين Balm (Q8) oxide بيدو عدم التجاور
		٦	٥٣ إلى ٧٢	البريق أسود لامع على السطح الحديثة • لين الصدا • يحل إلى الزرق • حبيبات أو بلورات •	كولوميت - ثانثالت المعبنى القائم
		٥	٤٦	البريق مثل القار • كتل حبيبية موجود في البيريدونيت أو السرينين •	كروميت $FeCr_2O_4$ المكعب
بنى أحمر	بنى داكن أو أسود	٥ ٦	٤٨ إلى ٥٢	شعاعي • عقدي • كتلى • قشري • بعض الأنواع أقل صلادة •	هيماتيت Fe_2O_3 الثلثي
بنى واحد	بنى إلى أسود	٦-٥	١٨ إلى ٢٥	بلورات منشورية مخططة رأسيا • ألياف • يوجد في الرمال السوداء •	ريتل SiO_2 الرباعي

البريق : لا نظري
(١) المعدن في

الاسم والصيغة	ملاحظات	و	ص	اللون	المعدن
سنتار FeS الطلائي	إنقسام منشوري • حبيبي أو تريبي • نصف شفاف للتلوي ثقيل •	٨ر١٠	٢ر٥	احمر قائم أو فاقح	احمر قائم
كوبريت Cu_2O المكعب	كتلي أو مكعبات أو شعاعي الإوجه بماحب عادة ملاكيت، أيزريت نحاس منصري •	٦ر٥	٤ر٣-٤	بنى احمر أو احمر ياقوتي •	
هيماتيت Fe_2O_3 الطلائي	شعاعي، كلوي، كتلي، قشري • بعض الانواع أقل صلادة •	٤ر٨ إلى ٥ر٢	٥ر٥ - ٥ر١	بنى داكن أو اسود •	بنى احمر
ليمونيت FeO(OH) nH_2O (عدد م تبلور)	عادة صلد، ذو بريق زجاجي يحتوي عادة على ماء أكثر من جويت •	٢ر٦ إلى ٤ر٥	٥ر٥-٥ر٥	بنى داكن أو اسود •	بنى أصفر أو مشرق صفراء
جويت HFeO_2 المعيني الثام	إنقسام مسطوح جانبي • مجموعات بلورات شعاعية، كروية • ستلاكتية • نظري عادة •	٤ر١	٥ر٥-٥ر٥	بنى داكن أو اسود •	
ولفراميت $(\text{Fe}, \text{Mn})_2\text{O}_4$ العمل الواحد	إنقسام مسطوح جانبي • المعدن أشتم في المعينات الغنية بالمغنيز •	٧ر٥ إلى ٧ر٥	٥ر٥-٥ر٥	بنى داكن	بنى
سودبيت FeCO_3 الطلائي	كتل منحطة ومهينة الأوجه • يكتسب مينا طيرية بعد تسخينه في لوب الشمعة •	٢ر٨٢ إلى ٢ر٨٨	٥ر٣-٤	بنى فاتح أو داكن •	

البريق : لا نظري
(تلخ ١) المخذ من ملصق

المخذ من	اللون	ص	و	ملاحظات	الاسم، الصيغة
بني فاتح	بني فاتح أو دالك	٥ر٢-٤	٢ر١ إلى ١ر١	إنضمام اثنا عشر وجها (١١) كامل • بريق زجاجي، نصف نظري، الخاص • يتم اللون بازدياد الحديد	معالجيت 200 الحديد
	بني أو أسود	٦-٧	٦ر٨ إلى ٧ر١	بلورات توامية • ألوانها • كلوي، غير منتظم • محيطات • ثقيل •	كاسيتريت 200 البراس
	بني أحمر أو أسود	٦-٦ر٥	١٨ر٤ إلى ٢٥ر٢	بلورات إبرية • البلورات مخططة طوليا • التوائم شائعة •	روثيل 210 البراس
أصفر برتقالي	أصفر قاني أو أصفر برتقالي	٤-٥ر٤	٦ر٥	إنضمام قاعدي { ١٠٠٠ } • صاحب فرانكلينيت وويلجيت في بعض العينات •	زئبقيت 200 السداسي
	أحمر قاني	١٥-٢	٢ر٤٨	ترايز عادية • صاحب أوريث • يتصهر في لهب الشمعة •	ريالجار 200 البل الواحد
أصفر باهت	أصفر لهبوني	١٥-٢	٢ر٤٩	إنضمام سطحي جانبي • البريق زجاجي • صاحب ريالجار يتصهر في لهب الشمعة •	أوريث 200 البل الواحد
	أصفر باهت	٥ر١ - ٥ر٢	٥ر٠ إلى ٠٩ر١	يحترق بلمبة أثريز ويعطى رائحة زيت • يمح طقطقة ١.١ مك • كتلة منه باليد •	كبريت العملي القائم

المقدش	اللون	ص	و	ملاحظات	الاسم، النصيلة
أخضر فاتح	أخضر زهرى دأكن .	٢٥٠٢	٢٧٥ الى ٢٧٧	إتصلام كامل جانبي . كتل حبيبية متفتحة أو بلورات منشورية صغيرة .	أكاسيت $\text{Cu}_2\text{O}(\text{OH})_2$ المعنى القائم
	أخضر ناصع .	٢٥٠٣	٢٩١ الى ٢٠٣	كتل أليافية شعاعية أو كروية . يمحأب أنزوت . يتفعل مع حامض HCl .	ملاكت $\text{Cu}_2(\text{OH})_2(\text{CO}_3)$ الميل الواحد
أزرق فاتح	أزرق كالمزهر .	٢٥٠٤	٢٧٧	بلورات صغيرة . مادة مجموعات أليافية شعاعية . يتفعل مع HCl البارد .	أنزوت $\text{Cu}_2(\text{OH})_2(\text{CO}_3)$ الميل الواحد
	أزرق كالمزهر .	٢٥٠٥	٢١٢ الى ٢٣٠	يدوب في الماء . الطاق نظري . بلورات . كتلى . استلاكتي .	كالكائنت $\text{Cu}_2\text{O} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ الميل الثلاث
أزرق فاتح جدا	أخضر فاتح أو نيوزي .	٢٥٠٦	٢٠١ الى ٢٠٢	كتل متشعبة . يمحأب بمادن . النحاس الأكسيدية .	كيتوكولا $\text{Cu}_2\text{O} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ غير مؤكسد

البقيق : لا غلى

(٢) المعدن يندمج اللسبون

(١) الصلادة > ٢.٥ (يمكن خدشه بالنظير)

اللون	م	و	ملاحظات	الاسم، الصلابة
بنى باهت، أخضر، أبيض.	٢.٥-٢	٢.٧٦ إلى ٢.٥	كتل صفاحية • ثور • الصفائح مونة • النوع الشافعي الميكانيكا	سكونيت $2Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ (OH) ₂ العمل الواحد
بنى داكن، عادة.	٢.٥-٢	٢.٩٥ إلى ٢.٥	كتل صفحية غير منتظمة • الصفائح مرسنة •	بيوتيت $E(Fe, Mg) - (AlSi_2O_{10})(OH)_2$ العمل الواحد
بنى، أصفر.	٢.٥-٢	٢.٨٦	كتل صفحية غير منتظمة • يجد في الصخور	تيلوريت $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ (OH) ₂ العمل الواحد
خلال، خضراء، منتظمة.	٢.٥-٢	٢.٦ إلى ٢.٩	كتل صفحية غير منتظمة • تتورد تينة متعككة • الصفائح تتقى وليست مرسنة •	كوبريت العمل الواحد
أبيض، أخضر، قهقش.	١	٢.٧ إلى ٢.٨	ملس نحاس • صفائح • بيروغليليت يشبهه ولكنه يحتوي على الألومنيوم.	تلك $Mg_3(Si_2O_7)(OH)_2$ العمل الواحد
أبيض، رمادي، أخضر.	٢.٥	٢.٢٩	البريق لألوى على أوجه الإتصال وزجاجي على الوجه الأخرى • قابل للتفتير • تتقى القصور •	بيوتيت $K_2(OH)_2$ العمل الواحد
{١٠} كامل، عدم اللون، أبيض.	٢	٢.٢٢	باورلت أو قطع شفافة عديمة • كتلى أو ألياف (بريق صبرى)	جيس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ العمل الواحد

إتصاف
كامل
فى
اتجاه
واحد

إتصافين
أخرين

البهق : لا تلى

٢) المخذش عدم اللون

(تابعاً) الصلابة > ٥ (يمكن خدشه بالظفر)

الانقسام	اللون	مر	و	ملاحظات	الاسم والصفة
انقسام {١٢٠١}	عدم اللون أو أبيض .	٢-١	٢٢٩ر	يوجد في تشويرة ملحمة • يذوب في الماء • ينصهر في لهب الشعلة •	نقصودي NaSO_3 الثلثي
المكسر تربى	أبيض أو أبيض قليلًا .	٢-٢ ٢٥٢ر	٢٦ إلى ٢٦٢ر	متعاست يشبه الطين • يحترق رائحة الطين بالتفريغ • يلصق باللسان •	كاولينيت $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_4$ العسل الواحد
	لؤلؤي أو رادي شعير	٢-٢	٥٥ر ±	قابل للتشجير • كتل غير منتظمة •	سيرا جديريت AgCl المكعب
المكسر عش	أصفر ياض •	١-٥ - ٢-٥	٥٥ر إلى ٥٩ر	يحترق بلهب أزرق ويحترق رائحة SO_2 • يصنع طقلقة إذا مسكت كتلة منه باليد	كبريت S المعيني الثاقم
	أصفر بنى رادي •	٢-١	١٠ر إلى ٥٥ر	حبيبات مسديرة • تربى أو يشبه الطين • عادة أمسك من ٥٥ر	(بوكسيت) مخلوط إيد بوكسيدات الالومنيوم
المكسر خشن	المكسر نظيف أو أبيض •	٢-٢	٢٢ر إلى ٢٨ر	تشويرة وكتل ترابية •	جارتريت سليكات نيكيل مائية غير متبلور

البهق : لا تلى

(٢) البغد شديم اللون

(ب) الصلادة < ٢٥ و > ٢٥ (لا يحد غير البقر ولكن يحد في

بقوش احمر)

١- الانقسام تظاهر

الانقسام	اللون	س	و	ملاحظات	الاسم ، النصيلة
{ ١٠٠ } اتجاه واحد	وردي باهت أو أبيض .	٢٥-٢٤	٢٨ إلى ٢٠	صفائح صغيرة غير منتظمة . يوجد في اليجمانيت مع التورمالين الطين .	ليبيد ولييت العيل الواحد
{ ١٠٠ } اتجاه واحد	وردي باهت أو أبيض .	٢٥-٢٤	٢٠ إلى ٢١	كتل صفاحية غير منتظمة . الصفائح قابلة للكسر . يصاب إلى أخرى .	بارجيت العيل الواحد
{ ١٠٠ } اتجاه واحد	مديم اللون أو أبيض .	٢٥	٢٢	كتلى هشة شعاعية . يتفاعل مع الحامض البارد .	ولديريت BaCO ₃ المعنى القائم
{ ١٠٠ } { ٠٠١ } اتجاهين	عدم اللون أو أبيض .	٣	١٩٥	يوجد في مجموعات متبلورة مختصة .	كينيت BaCO ₃ ١٩٥ العيل الواحد
{ ٠٠١ } مكعب ٣ اتجاهات	عدم اللون أبيض ، احمر .	٢٥	٢١ إلى ٢٣	ملح الطعام . يذوب في الماء . الذائق ملحي . ينسحب في لوب الشمعة . كميات .	كالتيت BaCO ₃ المكعب
{ ١٠٠ } { ٠١٠ } { ٠٠١ }	عدم اللون أبيض ، وردي .	٢٥ - ٣	٢٨٩ إلى ٢٨	كتل دقيقة الحبيبات لا تظهر الانقسام . يفرز باختبار الكيمياء .	اتجيدريت BaCO ₃ المعنى القائم
معنى الاوجه ٣ اتجاهات { ١٢٠١ }	عدم اللون أبيض ،	٣	٢٧٢	يتفاعل مع الحامض البارد . يوجد في كتل مثل الحجر الجيري انكسار مزدوج في النوع الشفاف .	كالسيت CaCO ₃ تتلى

البريق : لا تلى

(١) المخدر شديد اللسعين

(ب) الصلابة < ٢٠ ، > ٢٠ (لا يندشر بالظفر

ولكن يندشر بفقرش العهر)

(تابع ١) الانقسام ظاهر

الانقسام	اللون	ص	و	ملاحظات	الاسم ، الصيغة
معنى الوجة { ١٢٠ ١ } ٣ اتجاهات		٢٠٣	٢٠٥	مادة أصل من العملة النحاسية . البريق لؤلؤى . كتل خشنة المعيبات . يتفاعل المسخوق مع CO_2 الطلي	دولوميت $CaMg(CO_3)_2$ الظلي
٣ اتجاهات قاعدى { ١٠٠ } عقوى على متشورى { ٠١١ }		٢٠٣	٢٠٥	مجموعات بلورات لوحية بريق لؤلؤى على الوجة المنقصة . ثقل	باريت $BaSO_4$ المعنى التام
		٢٠٣	٢٠٥	عدد شبه بالباريت ، لكن وزنه النهاي أقل . يلمس اللهب بلون الجسور .	سليست $BaSO_4$ المعنى التام
		٢	٢٠٢	بريق ألماسى . كتلى أو بلورات دقيقة . تنطق الكتل عن سبروسيت باختبار	أنجليزيت $PbSO_4$ المعنى التام

٢- الانقسام غير ظاهر

١- تسهر شظية صغيرة من المعدن فى لبب القمعة

اللون	ص	و	ملاحظات	الاسم ، الصيغة
قديم اللون أو أبيض	٢٠٣	٢٠٧	يذوب فى الماء . تشور أو بلورات منشورية يوجد فى المناطق الجافة . ينتفخ ثم ينحصر فى لبب الشمعة . مذاق قلوئى حلو .	بوراكس $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ البيل الواحد
	٢٠٣	٢٠٥	بريق ألماسى . كتل حبيبية أو لوحية . يملس جالينا . يتفاعل مع حامض النتريك البارد . ينقل فى لبب الشمعة لكى رصاص	سبروسيت $PbSO_4$ المعنى التام

البريق : لا تلى

(٢) المعد شرعيه اللسبون

(ب) الصلادة < ٢٠٢ ، > ٢٠٥ (لا يخذ شريالظفر

ولكن يخذ شريقرشاحمر)

٢- الانقسام غير ظاهري

ب- لا ينصهر في لهيب الشعمة

اللون	س	و	ملاحظات	الاسم ، الصيغة
عديم اللون ، أو أبيض .	٢٠٥	٢٠٢	كتل بلورات شمعية . يتفاعل مع الحامض البارد .	هيدريت BeO المعنى القائم
	٢٠٢-٢	٢٠٦ إلى ٢٠٦٢	كتل توابية متناحكة . يحلى رائحة الطين بالتفحص فيه .	كاولينيت $-(\text{Si}_2\text{O}_5)_n$ $(\text{OH})_2$ الميل الواحد
عديم اللون ، أبيض ، أزرق ، رمادي ، أحمر .	٢٠٢-٢	٢٠٨٩ إلى ٢٠٩٨	كتل دقية الحبيبات ، لا يرى بها انقسام - يفرق فقط بالاختبار الكيميائي .	أنهدريت BeSO_4 المعنى القائم
أصفر ، بني ، رمادي ، أبيض .	٢-١	٢٠٠ إلى ٢٠٥٥	بأسلاك . حبيبات مستديرة أو كتل توابية . عادة غير نقى .	بيكيت مخلوط من معادن الالبونيم المائية
أصفر ، أخضر ، أبيض ، بني .	٢٠٢-٢	٢٠٢٢	مجموعات تصفاحية ذات بلورات شمعية . الانقسام يندرج فيه .	واغلييت $(\text{PO}_4)_2$ و $(\text{OH})_5$ Be_2O المعنى القائم
أخضر زيتوني ، أو أخضر ، داكن .	٢-٢	٢٠٢	كتلي . ألباني في نوع الاستوس والكهنوتيل . الانواع الكتلية متقمة ييقع خضرسا .	سوتين $\text{Be}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ و $(\text{OH})_8$ الميل الواحد

البحث : لا نظري

(٢) المخذشديم اللسبون

(ح) الصلاة < ٣,٥ ، > ٥,٥ (لا يخذشديم في قريش)

أحمر ولكن يخذشديم السكين

(١- انقسام ظاهر

الانقسام	اللون	ص	و	ملاحظات	الاسم، الصيغة
{٠٠١}	أزرق ، وردي أو أخضر .	٧-٥	٣,٥٦ إلى ٣,٦٦	مجموعات بلورات نصلية • يخذش بالسكين في طول البلورة ولكن ليس يخذش على طول •	كنايت Ox. ٥٥,٦٤ والسيليكا ٥٥,٦٤ المعدل الثلاثة
{٠١٠}	أبيض ، أصفر ، بني .	٣,٥٦	٢,١ إلى ٢,٢	مجموعات البلورات في هيئة حزم قد تكون البلورات لوحية •	ستيفيت Ox. ٥٥,٦٤ ٥٥,٦٤ المعدل الواحد
{٠١٠}	قديم اللون أبيض .	٣,٥	٢,٢	مجموعات بلورات شعاعية أو حبيبية • يتخلل مع الحامض البارد •	ويذيريت Ox. ٥٥,٦٤ المعنى القائم
{٠١٠}	قديم اللون أبيض .	٥,٢٥	٢,١٥	يتخلل مع الحامض البارد • تفتت إلى مسحوق في لبس الشعاع • الانقسام غير واضح •	أراجونيت Ox. ٥٥,٦٤ المعنى القائم
{٠١١}	قديم اللون أبيض .	٥,٥٥	٢,٢٥	بلورات منشورية رقيقة • مجموعات شعاعية • يوجد بطناً الفجوات في الصخور النارية •	نطرويت Ox. ٥٥,٦٤ ٥٥,٦٤ المعدل الواحد
{٠١١}	قديم اللون أبيض .	٥,٢٥	٢,٢	بلورات منشورية • توازن سداسية أحادية • ألوانها ، كئي • يتخلل مع الحامض البارد •	سترونتيانيت Ox. ٥٥,٦٤ المعنى القائم
{٠١١}	أبيض ، أسود مائل للخضرة .	٥-٣	٢,٠ إلى ٢,٢	بلورات إبرية ، رقيقة • زاوية الانقسام حادة •	بمادن أنهيدريت

البريق : لا تقوى

(٢) المعدن مديم اللون

(٥) الصلابة < ٢.٥ ، > ٥.٥ (لا يحد شقيرش)

أحمر ولكن يحد شقيرساكين

(تابع ١) انقسام عام

الانقسام	اللون	م	و	ملاحظات	الاسم ، المعادلة
اتجاهين زاوية منحنية ٥٩٠ تقريبا	أبيض أخضر أسود	٢.٥	٢.١ إلى ٢.٥	منشورات قميصة وسميكة . كتل حبيبية . زياها الانقسام القائمة مسيجة .	معادن البيروكسين
	أحمر وردي غيم	٢.٥-٢	٢.٥٨ إلى ٢.٧٠	اللون معز . كتل متفصصة أو متساكة .	رودونيت K ₂ SiO ₆ الميزول التلاشي
٢ اتجاهات	مديم اللون أبيض ملون	٢	٢.٧٢	يتفاعل مع الحامض الهادي . كتل الحجر الجيري والرخام . انكسار مزدوج في الأنواع المسطحة .	كالسيت CaCO ₃ التلاشي
	مديم اللون أبيض وردي	٢.٥-٢	٢.٨٥	بلورات محببة الأوجه ضخفة ذات برتق لؤلؤي . كتل الحجر الجيري الدولوميتي والرخام .	دولوميت CaMg(CO ₃) ₂ التلاشي
	أبيض أسفر ربادي	٢.٥-٢	٢.٠ إلى ٢.٢	كتل متساكة . يتفاعل مع الحامض المسخن .	ماجنييت MgCO ₃ التلاشي
	بني قائض أو داكن	٢.٥-٢	٢.٨٢ إلى ٢.٨٨	كتل متفصصة . يصبح متناطحيها بالتسخين في لهب الشعلة .	سيدريت FeCO ₃ التلاشي
٢ اتجاهات	أحمر وردي	٢.٥-٢	٢.٤٥ إلى ٢.٦	اللون معز . يتفاعل مع الحامض المسخن (رودونيت لا يتفاعل) .	رودونيت K ₂ SiO ₆ التلاشي

البريق : لا تلى

(٢) المعدنى مديم اللون

(٣) الصلادة < ٣٥ ، > ٥٥ (لا يقد شقوقش

أحمر ولكن يقد شربا السكين)

(تابع ١) انقسام ظاهر

الانقسام	اللون	م	و	ملاحظات	الاسم ، الصلابة
اتجاهين	{١١}	بنى ،	٥-٣	٢٤	البريق الماسى أو راتجى .
	رقادى ، أخضر		إلى ٢٥٥	٢٤	بلورات متديّة . الانقسام المتشوى غير واضح .
٣ اتجاهات	محمى الأوجه {١٢-١}	بنى ، أخضر ، أزرق .	٥	٣٥	كتل مستديرة متقوية أو فى شكل خلايا النحل . يتفاعل مع الحامض البارد .
	{١٠-١}	مديم اللون ،	٣-٢	٨٩	كتل دقيقة المبيبات ، لا يرى
	{١٠-١}	أبيض ،		إلى	انقسام ، يصد بالاختبارات
	{١٠-١}	رقادى .		٩٨	الكيميائية .
١٠-١	{١٠-١}	مديم اللون ،	٣-٢	٥	مجموعات بلورات لوحية .
	متعاد على	أبيض ، أزرق .			بريق لؤلؤى على أسطح الانقسام تعمل
	{١١}				
١١-١	مديم اللون ،	٣-٢	٩٥	٩٥	يشبه البازلت إلا أنه أخف .
	أبيض ، أزرق .		إلى ٩٧	٩٧	يلون للصب يبلون قهوى .
١١-١	{١١-١}	مديم اللون ،	٤	١٨	بلورات مكعبية . تراكم متداخلة .
	شامو أخضر ، الخ	بنفسجى ،			الانقسام موز
١١-١	{١١-١}	بنى أصفر ،	٣-٢	٩	البريق راتجى . كتل متفصدة .
	اتعاشر وجها	بنى أسود .		إلى ١٢	الكتل صعبة التعرف عليها .

البيت : لا تلى

(٢) للعضدين اللون

(٣) الصلابة < ٣٥ ، > ٥٥ (لا يتعد : يقوش أحمر

ولكن بعد تروا السكين)

٢- إنضمام غير عسلح

اللون	ص	و	ملاحظات	الاسم ، الصلابة
أبيض ، أخضر باهت ، أزرق .	٥٠-٥٥	٣٥ إلى ٣٥	مجموعات بلورات شعاعية - كذلك استلاكية ، كريمة ، الانضمام المتفرعي غير واضح .	هيموريت (50-55) ديك (٥٥) المعنى القائم
	٥٠-٥٥	٣٥	يتخلل مع العاشر الجاريد . يتلف الى مستحق من لبب الشعبة . الانضمام غير واضح .	أرجونيت ٥٥ المعنى القائم
	٥٠-٥٥	٣٧	بلورات متفرعية . توائم سداسية كالأية . أليافي ، كتلي . يتخلل مع العاشر الجاريد .	سفينشيانيت ٥٥ المعنى القائم
عدم اللون ، أبيض	٥٠-٥٥	٣٠ إلى ٣٢	كتل متعاطكة . يتخلل مع العاشر الصلخن	طنجيزيت ٥٥ الخلافي
	٣٥	٣٢	كتل بلورات شعاعية . يتخلل مع العاشر الجاريد . باين اللوب يلون أخضر صلب .	هيدريت ٥٥ المعنى القائم
عدم اللون ، أبيض ، متغير .	٥٥	١٩ إلى ٢٠	بكر شعاعي . التوأم الصين يدي لاأؤ . اللون للنوى والصلابة أقل من الكوارتز دقيق الحبيبات .	أوبال ٥٥ غير متجاوز
ينى ، أخضر ، أبيض ، الخ .	٥	٣٥ إلى ٤٥	كتل مستديرة متفردة أو في شكل خلايا التخلل . يتخلل مع العاشر الجاريد	سيفيتونيت ٥٥ الخلافي

التحق : لا تلى

(٢) المعدن يدعى اللون

(ج) الصلابة < ٢٥ ، > ٥٥ (لا يقد شقشقر الحمر

ولكن يقد غرا المسكين)

(تابع ٢) انفصل غير ظاهر

اللون	م	و	ملاحظات	الاسم ، الصلابة
بنى ، ريادى ، أخضر .	٥-٥٥	٢٠٤ إلى ٢٥٥	يرتق أناسى أو راتجى . بلورات ودية . الانفصام المشعوى غير واضح .	سفين CaTiSiO_5 العزل الواحد
حديم اللون ، أبيض ، ملون .	٢	٢٧٢	يتفاعل مع الحامض اليارد . كتل حبيبية أو أليانية . حجر جبرى ، أونيكس (مسيج) .	كالسيت CaCO_3 الثلثى
بنى فاتح أو داكن .	٤-٢٥	٢٨٢ إلى ٢٨٨	بلورات . كتل درية متناكة فى الطين أو الطلل . يصبح مغناطيسيا بالتسخين من لبب الصمعة .	سندريت FeO_3 الثلثى
أبيض ، أصفر ، بنى .	٢-٤	٢٠ إلى ٢٩	الكتن الرئيسى لصخر اللوسكات . سحب التعريف عليه بدون الاختبار الكيمائى . كتل .	كولونين $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ H_2O غير متبلور
أصفر ، بنى ، ريادى ، أبيض .	٢-١	٢٠ إلى ٢٥٥	باصلانى . حبيبات صخرية أو كتل غرابية . عادة غير نقى .	بروكسيت مخلوط سليكات الالومنيوم المائية
أخضر ، أنقى ، بنفسجى ، الخ .	٥	٢١٥ إلى ٢٢٠	بلورات مشعوبة سداسية بها أهرامات . كتل . الانفصام الكايدى ضعيف .	أباتيت $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})_3(\text{PO}_4)_3$ السداسى
أخضرى عوى ، أو أخضر ، داكن .	٢-٤	٢٠٤	كتلى . أليانى فى نوع الاسبتوس والكرويتيل . الأنواع الكتلية مبقعة بيخضراء .	سرينتيت $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_6$ العزل الواحد

البريق : لا تلى

(٢) العدد شريديم اللصون

٥ - الصلاة < ٥ ٥ > (٢ لا يخذ شريالكن

ولكن يخذ شريالكن

١ - الإتصاف طساهر

الإتصاف	اللون	م	و	ملاحظات	الاسم، الصيغة
اتجاه واحد	{١٠٠} كامل	بينى ، أخضر	٧-٦	٢٢٣ ر	سليجيت و ٢٢٣ ر
	{١٠٠} أخضر أصفر أو أسود	٦-٥	٢٣٥ ر إلى ٢٤٥ ر	بلورات طويلة رقيقة • مجموعات بلورات متنازعة موجودة في الشنت والنيس •	المعنى التام
	{١٠٠} أزرق ، ربات	٥-٤	٢٥٦ ر إلى ٢٦٦ ر	بلورات منشورية منطوقة • يوزن • يوجد في الصخور المنحولة •	الميل الواحد
اتجاهين متعاكسين	{١٠٠} أحمر أخضر	٦	٢٥٤ ر إلى ٢٥٦ ر	كثافة منخفضة أو حبيبات غير منتظمة مكونة للصخور البلورات في الهجمات • النوع الأخضر أمارون شين	أشكال الميل الواحد
	{١٠٠} بيض	٦	٢٦٢ ر إلى ٢٧٦ ر	كثافة منخفضة أو حبيبات غير منتظمة مكونة للصخور تفصيل على الوجه (عوائم)	الميل الواحد
	{١٠٠} أحمر	٧	٢١٥ ر إلى ٢٢٥ ر	بلورات منشورية منطوقة • كثافة منخفضة • الإتصال •	الميل الواحد

البقيق شلا غلزي

(٢) المعدن عدم اللون

د - الصلادة < ٥٥ هـ > (٧ لا يحدد غريالسين

ولكن يحدد غريالسين)

(تابع ١) الانقسام عناصر

الانقسام	اللون	ص	و	ملاحظات	الاسم، الفصيلة
{١١} ١٠٠ ١٠٠ تقريباً	أبيض، الغمر، أسود	١٥	٢١ إلى ٢٥	متفجرات تسمية وسميكة كتل حبيبية الانقسام القاعدة صلبة	معدن البيريكسين
{١١} ١٠٠ ١٠٠ تقريباً	أحمر، وردي	١٥	٢٥ إلى ٢٧	ألون عيز، كتل منقسمة أو متساكنة لا يتغلغل مع حافتي EOL	بودونيت ($Mo(EO)_2$) البيول الثلاث
{١١} ١٠٦ ١٠٦ ١٢٤	أبيض، أسود مائل للغمر	١٥	٢٠ إلى ٢٢	بلورات كبيرة، رقيقة زوايا الانقسام صلبة	معدن الأفيليل

د - الصلادة < ٥٥ هـ > (٧

٢ - الانقسام غير ظاهر

اللون	ص	و	ملاحظات	الاسم، الفصيلة
عدم اللون، أبيض، متغير	١٥	١٩ إلى ٢٢	كبر معاري - النوع النعين يدي لا ٢٢ - اللون النوى والصلادة أقل من الكوارتز دقيق الحبيبات	أوبال (SiO_2) غير متجانس
وردي، أبيض، عدم اللون	١٥	١٥ إلى ٢٥	بلورات شبه متعرجة، الأوجه موجود في صخر تاري داني اللون (لا يملأ الفجوات)	لوسيت (SiO_2) المكعب
عدم اللون، متغير	٧	١٥	البلورات مخططة بالعمود على أوجه المتغير - يتميز بالصلادة وعدم تغلغل مع الأحماض	كوارتز (SiO_2) الثلثي

البريق : لا نظري

(٢) المخدر عديم اللون

د - الصلابة < ٥ هـ ، > ٧ (لا يحد ثروا للمكون

ولكن يحد ثروا للكوارتز)

(تابع ٢) الانقسام غير ظاهر

اللون	ص	و	ملاحظات	الاسم ، الصيغة
عديم اللون ، بيضاوي .	٦-٥	٢٥٥ إلى ٢٦٥	بريق شمعي . كلى في الصخور . المشورات الداسية نادرة . انقسام مشوري ضعيف .	ثيفلين As_2S_3 الداسي
بنى باهت ، أصفر ، احمر .	٧٠	٢٦٥	بريق شمعي أو مطلي . عادة ثوري . قد يكون مصفا أو مغطى فجوات .	كالسيدوني As_2S_2 خفي التيلور
الخضر ، زيتوني ، أوبني .	٧-٦	٢٢٧ إلى ٢٣٧	عادة في حبيبات منتشرة في الصخور اللدنية . قد يكون في كتل حبيبية . البريق زجاجي	أوليين $(As, Fe)_2S_3$ المعيني القائم
أسود ، احمر ، مشير .	٧-٥	٢٠ إلى ٢١٥	مورب مشيرة رقيقة ، مقطعية مثنى الشكل . مجموعات شعاعية . اللون الأسود شائع . بريق زجاجي .	تريمالين الثلثي
بنى احمر ، احمر ، الخضر .	٧٥	٢١٦ إلى ٢٢٠	بلورات مشوية ، مقطعية مربع الشكل . يتحلل الى ميكا . يوجد في الشمت .	أندلوسيت As_2S_5 المعيني القائم
بنى أو أسود .	٦-٧	١٨ إلى ٧١	بلورات مشوية ، أليفاتية ، مقطعية عرائش شائعة . يوجد في رمال التجصعات . ثقيل .	كاسيتيت As_2S_4 الرياضي
بنى احمر ، أو أسود .	٦-٥	١٨ إلى ٢٥	بلورات مشوية ، مقطعية طويلة . كلى أو بلورات إبرية منتشرة في الصخر . يوجد في الهال البود .	ريتل As_2S_2 الرياضي

المبحث : لا تفرى

(٢) المخدش عدم اللون

هـ . الصلادة < ٧ (لا تحذف الكوارتز)

١- الانقسام على ظاهر

الانقسام	اللون	ص	و	ملاحظات	الاسم ، الصيغة
تجاه رشد	{ ١٠٠ } عدم اللون أصفر ، وردي .	٨	٢٤ إلى ٢٦	بلورات • حبيبات دقيقة أو غسقة • بريق زجاجي •	تيتان - (SiO ₄) ₂ (FeO) ₂ المعنى القاتم
أحمة متجاهلات	{ ١١١ } عدم اللون أصفر ، أزرق .	١٠	٢٥	بريق ألماسي • بلورات ثانية الأوجه • الأوجه قد تكون منحنية •	ألماس C المكعب
انقسام معيني الأوجه وتآدي وتيسر انقسام	عدم اللون ريادي ، أزرق .	٩	٢١٥ إلى ١٦	بريق ألماسي أو زجاجي • تقطع الانقسام قد تبدو مكعبة تقريباً •	كوارتز دم و SiO ₂ التلامي

٢- الانقسام غير ظاهر

اللون	ص	و	ملاحظات	الاسم ، الصيغة
عدم اللون ، متغير .	٧	٢١٥	بلورات مخططة بالعرض • بريق زجاجي • لا يتأثر بالحماض •	كوارتز SiO ₂ التلامي
عدم اللون ، ريادي ، أزرق .	٩	٢١٥ إلى ١٦	بريق ألماسي أو زجاجي • تقطع الانقسام قد تبدو مكعبة تقريباً •	كوارتز دم و SiO ₂ التلامي
أصفر ، أسود ، لا توجد •	٨	٢٦ إلى ٢٨	بلورات ثانية الأوجه • عظام شاذة • يوجد في الحجر الجيري المتناثر	سبينيل MgAl ₂ O ₄ المكعب

البقيق : لا تلى

(٢) المعدني عديم اللون

٥ - الملاحظة < ٧ (لا تعد في الكوارتز)

١ - الاتصال غير ظاهر

اللون	ص	و	ملاحظات	الاسم ، الصفة
أخضر ، زبدى ، متغير .	٨-٧٥	٢,٧٥ إلى ٢,٨	منشورات سداسية متجهة بالعادة . البقيق زجاجي . اللون والملاحظة مميزان .	بيزل (Beryl) و السداسي
أخضر ، أسود ، متغير .	٨-٧,٥	٢,٥ إلى ٢,٢٥	بلورات منشورية رقيقة ، انقطعها منقش الشكل . مجموعات شعاعية اللون الاسود شائع بريق زجاجي .	تريالين الثلثي
بنى أحمر ، لحمي ، الغضبر .	٧,٥	٢,١٦ إلى ٢,٢٥	بلورات منشورية ، انقطعها صريح الشكل . يتحلل الى المعكك . يوجد في الشكت .	أند لوسيت (And) و المعيني القائم
بنى أحمر ، أو بنى ، أسود .	٧,٥-٧	٢,٦٥ إلى ٢,٧٥	بلورات منشورية . توازن متعالية . متعلقة على السطح . يوجد في الشكت .	ستروبوليت (Strobo) و (OR) المعيني القائم
بنى ، أحمر ، رادي ، أخضر .	٧,٥	٢,٦٨	بلورات منشورية مميزة متجهة بأهرامات معدن إضافي في المحور الثابتة وحبيبات في الريال .	زركون (ZrSiO ₄) الرياحي
بنى ، أو لكشمير .	٧,٥-٦,٥	٢,٥ إلى ٢,٣	بلورات اثنا عشر وجهها وأربعة وعشرون وجهها منحرفا . يوجد في الصخور النارية واليدولة والريال .	جارتث (Grt) و الكسب

مراجع

CRYSTALLOGRAPHY

البلورات

- Bragg, W. L. : Atomic Structure of Minerals.
Cornell Univ Press, Ithaca, 1937.
- Bunn, C. W. Chemical Crystallography
Clarendon Press, Oxford, 1966.
- Evans, R. C. : An Introduction to Crystal Chemistry.
The University Press, Oxford, 1966.
- Mason, B. : Principles of Geochemistry. 2nd Ed.
John Wiley and Sons, N. Y., 1958.
- Pauling, L. The Nature of the Chemical Bond. 3rd Ed.
Cornell Univ. Press. Ithaca, 1960.
- Phillips, F. C. : An Introduction to Crystallography. 4th Ed.
Oliver and Boyd, Edinburgh. 1971.

MINERALOGY

المعادن

- Bateman, A. M. : Economic Mineral Deposits. 2nd Ed.
John Wiley and Sons, N. Y., 1950.
- Bateman, A. M. : The Formation of Mineral Deposits.
John Wiley and Sons, N. Y., 1951.
- Bates, R. L. : Geology of the Industrial Minerals and Rocks.
Harper and Row, N. Y., 1960.
- Berry, L. G., and Mason, B. : Mineralogy.
Freeman and Co., San Francisco, 1959.
- Deer, Howie, and Zussman : An Introduction to the Rock-
Forming Minerals. John Wiley and Sons, N. Y., 1966.
- Ford, W. E : Dana's Text Book of Mineralogy. 4th Ed.
John Wiley and Sons, N. Y., 1932.
- Hurlbut, C. S. : Dana's Manual of Mineralogy. 18th Ed.
John Wiley and Sons, N. Y., 1971.

Kraus, Hunt, and Ramsdell : Mineralogy. 5th Ed.

McGraw Hill Book Co., N. Y., 1959.

Kraus, and Slawson : Gems and Gem Materials, 5th Ed.

McGraw Hill Book Co., N. Y., 1961.

Lindgren, W. : Mineral Deposits. 2nd Ed.

McGraw Hill Book Co., N. Y., 1933.

Palache, Berman, and Frondel : Dana's System of Mineralogy.

vols. I, and II, 7th Ed. John Wiley and Sons, N. Y.
1944, 1951.

PETROLOGY

المصنوع

Harker, A. : Metamorphism 2nd Ed

Methuen, London, 1933.

Pettijohn, F.J. : Sedimentary Rocks. 2nd Ed.

Harper, N. Y., 1957.

Pirsson, I. V. and A. Knopf. : Rocks and Rock Minerals. 3rd

Ed. John Wiley and Sons, N. Y., 1947.

دليل المعادن

- ١ -

٢٨٣	أميشت	٣٥١	أبات
٢٩١	أميري	٣٤٢	ابرميت
٤٢٩	أنالسيت	٤٠٣	أوفيليت
٣٤٤	أتليريت	٣٨١	ايدوت
٤١٢	أتيجوريت	٣٠٨	أناكاميت
٣٩٩	أتوفيليت	٢٨٥	أجيت
٣٣٩	الجلزيت	٣٢٧	أراجونيت
٣٧٢	أندراديت	٤١٩	أرتوكلاز
٣٧٤	أندوسيت	٢٦١	أرجنتيت
٤٢٣	أنديسين	٢٧٥	أرستوبوريت
٣٨٨	انديكوليت	٣٩٩	أرفيسونيت
٣٩٢	انتانيت	٣٥٩	إريثريت
٣٣٠	أنكيزيت	٣٣٢	أزوريت
٣٣٩	أنهيدريت	٤١٣	أجيتوس
٤٢١	أنوريت	٤٠٠	أكتينوليت
٢٨٨	أوبال	٢٨٤	أكسيت
٤٠٩	أوتزيليت	٤٢١	أليت
٣٥٨	أوتونيت	٤٠٥	أليت
٣٩٦	أوجيت	٢٥٧	ألاس
٢٧٠	أورينث	٣٧٢	الونديت
٣٨٢	أورثيت	٢٩٤	الينيت
٤٢٣	أوليغوكليو	٣٤٤	الونيت
٣٦٩	أولفين	٤٣٠	أمارون ستون
٢٨٦	أونكس	٣٥٢	أميلجريت
٣٢٢	الابستر	٣٩٨	أمفيرول

۳۲۱	ایسلانندسبار	۳۸۲	الانیت
۲۸۰	ایچاریت	۳۹۵	ایچیریست
		۳۸۲	ایوکریر

- پ -

۴۲۱	بلاجوکیز	۳۳۷	باریت
۲۵۴	بلاچین	۳۴۶	بالولیت
۳۸۲	یدمویتیت	۴۲۳	بایوینیت
۴۰۵	یدیلک	۴۲۶	بتالیت
۳۷۸	یدرانجیریت	۳۰۰	جشبلند
۳۷۲	یدروپ	۲۷۸	بروستیت
۲۶۸	یدرویت	۲۸۳	برینجیت
۴۱۳	یدرونیلیت	۳۰۷	بیلومیلین
۳۹۲	یدروکین	۳۹۸	بکتولیت
۲۹۷	یدرولوسیت	۳۸۴	بیترویت
۳۵۵	یدرومورفیت	۳۳۴	یورا کس
۲۷۳	یدریت	۳۶۲	یورنیت
۳۷۰	یدریفوت	۲۸۰	یورنولیت
۳۸۵	ییریل	۳۰۶	یوکیست
۴۰۷	یوینیت	۳۴۳	یولبالیت

- ت -

۲۷۹	تاتیت	۲۷۸	تیرامیریت
۳۳۴	تسکالکونیت	۳۸۷	تیردیت
۳۷۵	توباز	۴۰۰	تیرولیت
۳۵۸	توریدیت	۴۱۱	تک

- ۴۸۲ -

۳۷۸	تثانیت	۳۵۷	تورکواز
		۳۸۶	تورمالین

- ث -

۳۳۱	تیرمنازیت	۳۷۴	توریت
		۳۸۱	تولیت

- ج -

۳۷۳	جروسبولایت	۳۷۰	جارت
۳۴۰	جلویریت	۴۱۳	جارتیریت
۳۹۹	جلوکوفین	۳۴۵	جاروزیت
۴۰۸	جلوکولیت	۳۸۶	چاپر
۳۰۵	چونیت	۳۶۳	چالینا
۳۹۵	چیدیت	۳۴۱	چیس
۳۸۹	چیزیریت	۳۵۹	جرافیت

- د -

۳۷۸	دیورنیریت	۳۷۷	دانولیت
۳۸۸	دیوینز	۳۳۹	دولومیت
۳۹۴	دیویسید	۳۸۶	دیکرویت
		۴۰۵	دیکیت

- ذ -

۳۵۰ ذقب

- ر -

۳۹۷	رونیل	۳۸۸	رویلایت
-----	-------	-----	---------

۲۷۰	،	ریالجار	۳۲۵	،	رودو کروزیٹ
۳۹۹	،	ریسیکیت	۳۹۷	،	رودو نیٹ

- ز -

۳۹۰	،	زنکیت	۳۷۰	،	زبرجد
۳۸۱	،	زوپیٹ	۳۶۳	،	زرقون
۴۲۸	،	زیولیت	۳۸۵	،	زمرد
			۳۶۵	،	زنککلند

- س -

۳۶۵	،	سفالهریت	۳۴۱	،	ساتنبار
۳۷۸	،	سفین	۳۹۱	،	سافیر
۴۲۶	،	سکابولیت	۳۷۴	،	سبازریت
۳۳۸	،	سلتیت	۳۹۳	،	سبکیولاریٹ
۳۳۶	،	سمیشونیت	۳۰۱	،	سپنیل
۳۶۹	،	سنبار	۳۹۴	،	سبودیومین
۴۱۴	،	سیبولیت	۳۷۱	،	سجنیت
۳۲۴	،	سیدریت	۳۲۸	،	سٹروشیانیت
۳۱۱	،	سیرارجیریت	۴۳۰	،	سلیت
۳۲۹	،	سجوسیت	۳۷۶	،	ستورولیت
۳۱۰	،	سیلفیت	۳۴۶	،	ستولوت
۳۷۵	،	سیلیغیت	۴۱۱	،	ستابت
۳۴۱	،	سیلیت	۴۱۲	،	سریجن

- ش -

۳۴۷		شلیت	۳۸۷		شورلیٹ
-----	--	------	-----	--	--------

- ۴۸۴ -

- ص -

صابونیت ، ۴۰۵ صودالیت ، ۴۲۵

- ف -

۲۷۰ ،	فیالیت	۲۵۳ ،	فضة
۳۴۶ ،	فیربریت	۴۰۷ ،	فلوجویت
۴۰۸ ،	فیرمیکرولیت	۴۱۷ ،	فلبار
۳۵۷ ،	فیروز	۴۲۴ ،	فلباترید
۳۸۲ ،	فیروفیاتیت	۳۱۱ ،	فلوریت
۳۵۱ ،	فیغالیٹ	۳۵۵ ،	فیدینیت
۳۶۹ ،	فیناسیت	۲۶۵ ،	فورتریت
		۳۷۰ ،	فورستریت

- ک -

۳۴۵ ،	کروکویت	۴۳۰ ،	کابازیت
۳۰۳ ،	کرومیت	۳۱۴ ،	کارنالیٹ
۲۸۶ ،	کریزوبریل	۳۵۹ ،	کارنویت
۴۱۲ ،	کرزوتیل	۲۸۵ ،	کارنیلان
۳۸۸ ،	کرزوکولا	۲۹۵ ،	کاسیتزیت
۲۸۸ ،	کریستوبالیت	۳۱۹ ،	کالپت
۳۱۳ ،	کریولیت	۲۸۵ ،	کالیدونی
۴۱۰ ،	کلوریت	۳۴۲ ،	کالکانتیت
۴۱۰ ،	کلورترید	۲۶۷ ،	کالکوبیریت
۴۲۳ ،	کلینفلادتیت	۲۶۱ ،	کالکومیت
۳۸۰ ،	کلینوزومیت	۴۲۴ ،	کانکریٹیت
۳۷۷ ،	کلینومبریت	۴۰۴ ،	کانولیت
۲۸۲ ،	کوارتز	۲۵۵ ،	کمبریت

۳۹۹	کولومبیت	۲۸۹	کوبیت
۳۷۷	کوندرودیت	۲۹۰	کوراندوم
۳۹۵	کوزت	۲۸۶	کوردریت
۳۷۴	کیاسولیت	۲۶۹	کوفیلیت
۳۷۵	کیانیت	۳۵۳	کوالوفین
۳۳۴	کیریت	۳۳۳	کولمانیت

- ل -

۳۰۲	لودستون	۴۲۳	لاپرادوریت
۴۲۴	لویت	۴۲۶	لاپیدلازول
۴۰۸	لیپولیت	۴۲۵	لازوریت
۳۰۶	لیونیت	۳۵۶	لازولیت
		۴۵۶	لاوسولیت

- م -

۳۴۹	مونازیت	۳۰۲	ماجیت
۴۰۵	موتشوریلونیت	۳۲۳	ماجنریت
۳۳۱	ملاکیت	۴۰۹	مارجریت
۴۱۴	مهمشوم	۳۵۴	مانچالیت
۴۰۵	میکا	۲۷۵	مرکویت
۴۲۰	میکروکلین	۴۲۷	مریالیت
۳۵۵	میجیت	۴۰۹	مسکوفیت
۴۲۷	میونیت	۴۰۴	معادن الصصال
۳۴۳	میلانتریت	۲۷۶	مولبدینیت

- ۴۸۶ -

- ن -

۳۷۷	نوریدرجیت	۳۳۲	نتر سودی
۴۲۵	نوزلیت	۲۵۳	نحاس
۴۲۴	نیفلین	۲۳۰	نظرون
۴۰۵	نیکریت	۴۲۹	نظرویت
		۴۰۵	نظرویت

- ۵ -

۳۹۴	هیدینرجیت	۳۰۸	هالیت
۳۹۵	هیدینیت	۴۰۵	هکتوریت
۲۹۲	هیالیت	۴۰۰	هورنبلند
۳۷۹	همیمورفیت	۴۲۵	هونیت
۴۲۰	هیولادیت	۲۸۹	هیالیت
۳۷۷	هیومیت	۳۹۲	هیبرین
		۳۴۶	هیگزیت

- و -

۳۲۸	ویندیریت	۳۵۷	وافیلیت
۴۲۷	ویرنیریت	۲۹۷	ولاستریت
۳۶۹	ویلیمیت	۳۴۶	ولفرایت
		۳۴۶	ولفینیت

- ی -

۳۷۲	یوفاروفیت	۲۹۱	یاقوت
		۳۰۰	یورانیت

Bibliotheca Alexandrina



0489840